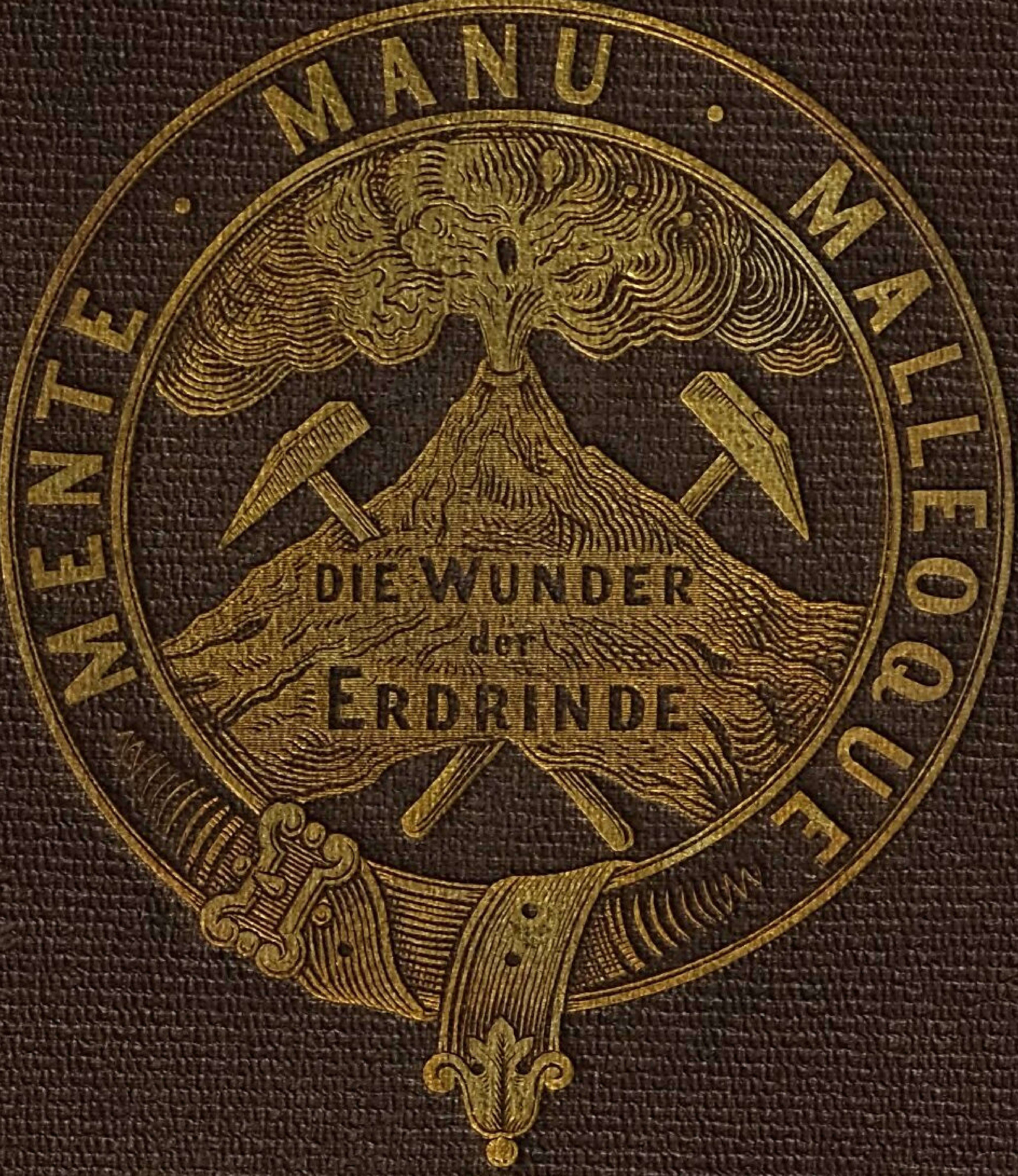

MENTE · MANU · MALLEOQUE
DIE WUNDER
der
ERDRINDE

Leipzig, Druck von Giesecke & Devrient.

Das Buch der Reisen und Entdeckungen. 3. und 4 Band.

Afrika: Zweiter Band.

Eduard Vogel, der Afrika-Reisende.

Schilderung

der Reisen und Entdeckungen des Dr. Ed. Vogel in Central-Afrika:

in der großen Wüste, in den Ländern des Sudan, am Tsad-See ꝛc.

Nebst einem Lebensabriss des Reisenden.

Nach den Originalquellen bearbeitet

von

Hermann Wagner.

Zweite durchgesehene Auflage.

Mit 100 in den Text gedruckten Abbildungen, 8 Tondrucktafeln und einer Karte von Dr. Vogel's Reiseroute.

Vollständig in sechs Heften, für die Abnehmer des „Buch der Reisen" à 5 Sgr.

Separat-Ausgabe in einem Bande elegant brochirt $1\frac{1}{3}$ Thlr. Dieselbe elegant gebunden $1\frac{2}{3}$ Thlr.

In vorliegendem Bande geben wir dem Leser zunächst eine kurze Uebersicht aller bisherigen nach dem Sudan gerichteten Expeditionen, soweit dieselbe zum Verständniß der Vogel'schen Reisen dienen kann, und begleiten dann im Geiste unsern muthigen jungen Landsmann auf seinem gefahrvollen Ritt durch die große afrikanische Wüste. Wir folgen ihn auf seinen zahlreichen Zügen im Sudan: an den Ufern des Tsad-Sees, nach Mußgo und dem See von Tubori, nach Mandara, Sinder, Jakoba und nach den Ufern des Benuë, bis er im Innern Wadaï's auf räthselhafte, noch nicht aufgeklärte Weise verschwindet.

Die höchst interessanten persönlichen Erlebnisse des Reisenden einerseits, sowie andererseits die schroffen Gegensätze, welche das Innere Afrikas bietet: dürre, sonnverbrannte Wüste neben Ueberfluß an Wasser; unfruchtbare Einöden dicht neben üppigen Fluren; wildeste Roheit bis zum Kannibalismus neben hoher Bildung und feiner Sitte; barbarisches Heidenthum und stumpfe Gleichgültigkeit neben begeisterter religiöser Erhebung; Verwüstung, Trümmer und Menschenschlächtereien der gräßlichsten Art neben heiterem Stillleben friedlicher, glücklicher Völkerschaften — dies Alles verwebt sich hier zu einem Gemälde, welches ebenso sehr fesselt und unterhält, wie es das Wesentlichste von alle Dem umfaßt, was über das Innere Nordafrikas bis jetzt bekannt geworden ist.

Wer über das Leben und den Bildungsgang Dr. Vogel's, dessen Schicksal gegenwärtig die Theilnahme der ganzen gebildeten Welt beschäftigt, sich unterrichten will, der findet in unserm Buche die einzige authentische Quelle.

Asien: Erster Band.

Die Nippon-Fahrer

oder

das wieder aufgeschlossene Japan.

In Schilderungen

der bekanntesten älteren und neueren Reisen,

insbesondere

der amerikanischen Expedition unter Führung des Commodore M. C. Perry

in den Jahren 1852 bis 1854.

Mit Benutzung des großen amerikanischen Prachtwerkes

„Narrative of the Expedition to the China Seas and Japan under the Command of Commodore M. C. Perry, U. St. N."

Bearbeitet von

Fr. Steger und H. Wagner.

Mit 125 in den Text gedruckten Abbildungen, 8 Tondrucktafeln, sowie einer Karte von Japan.

Vollständig in acht Heften: Für die Abnehmer des „Buch der Reisen" à 5 Sgr. pro Heft. Separat-Ausgabe in Einem Bande: Geheftet $1\frac{1}{3}$ Thlr.; — Eleg. geb. $1\frac{2}{3}$ Thlr.

Der freie Verkehr mit dem neu erschlossenen Insel-Reiche Ost-Asiens wird einen neuen Abschnitt in der Geschichte des Welthandels begründen, der auch für unser eigenes Vaterland unmittelbar vom höchsten Interesse zu werden verspricht. Bekanntlich hat die Preußische Regierung, die handelspolitische Wichtigkeit jenes ausgedehnten Ländergebiets erkennend, eine Expedition nach Japan ausgerüstet, welche zum Zweck hat, dem deutschen Handel die Wege dorthin zu bahnen. Einer großen Zahl von Erzeugnissen des Gewerbfleißes eröffnet sich bei dem an vielfache Bedürfnisse eines verfeinerten Lebens gewöhnten Volke ein weites Absatzfeld, und an den magischen Reiz, welchen das Befremdende, Ueberraschende und Wunderbare jenes Reiches uns bietet, knüpft sich somit unzertrennlich der äußere Vortheil an.

Wir glauben deshalb in dem oben angezeigten vierten Bande unserer Reisebibliothek den Wünschen unserer Leser entgegen zu kommen, wenn wir ihnen über dieses so höchst bedeutungsvolle Land und Volk ebenso reiche als interessante und eingehende Belehrungen bieten und alles Das zusammenfassen, was durch die verschiedenen Expeditionen der Neuzeit, insbesondere durch jene unter Führung des Commodore Perry, bekannt geworden ist.

Leipzig, Druck von Giesecke & Devrient.

Malerische Feierstunden.

Zweite Serie.

Populäre Belehrungsschriften aus dem Gebiete

der

Naturwissenschaften.

Malerische

Feierstunden.

Illustrirte

Familien- und Volks-Bibliothek

zur

Verbreitung nützlicher Kenntnisse.

Zweite Serie:

Belehrungsschriften aus dem Gebiete der Naturwissenschaften.

Mit

vielen in den Text gedruckten Abbildungen, Buntdrucktafeln 2c.

Erster und zweiter Band.

Das Buch der Geologie.

Von

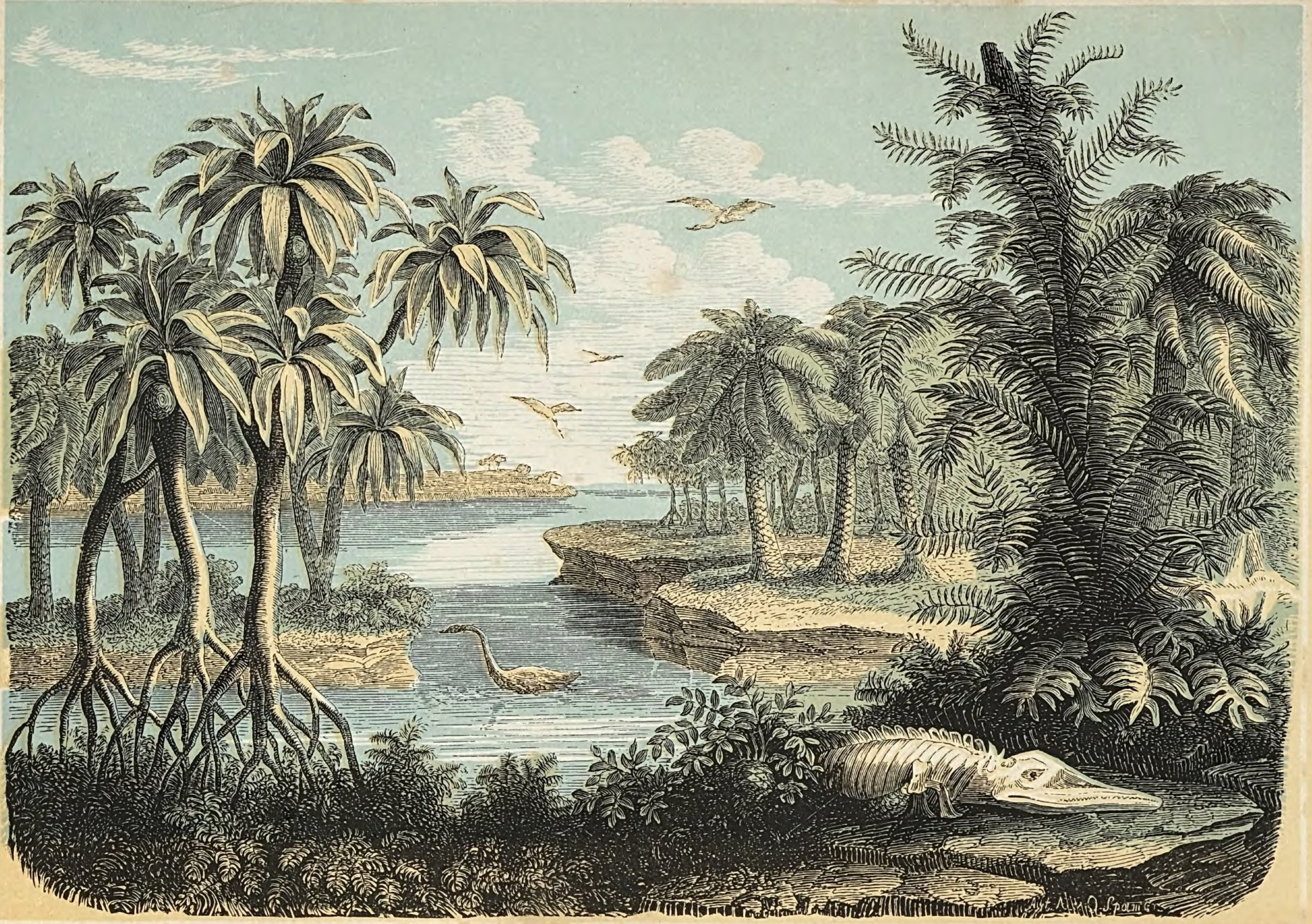
Rudolph Ludwig.

Zweite neu bearbeitete Auflage.

Leipzig.

Verlag von Otto Spamer.

1861.



Ideale Landschaft der Juraperiode.

Buch der Geologie. Titelbild.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Das

Buch der Geologie.

Naturgeschichte der Erde

in

[illegible] Darstellung für alle Freunde [illegible]

von

Rudolph Ludwig.

Zweite neu bearbeitete Auflage.



Erster Band.

Mit 7 [illegible], sowie 120 in den Text [illegible]

Leipzig.

Verlag von Otto S[illegible]

[illegible]



Das

Buch der Geologie.

Naturgeschichte der Erde

in

allgemein verständlicher Darstellung für alle Freunde dieser Wissenschaft

von

Rudolph Ludwig.

Zweite neu bearbeitete Auflage.



Erster Band.

Mit 7 Ton- und Buntdrucktafeln, sowie 120 in den Text eingedruckten Abbildungen.

Leipzig.
Verlag von Otto Spamer.
1861.

Leipzig,

Druck von Giesecke & Devrient.

Vorrede.

Die vielfachen in neuester Zeit auf dem Gebiete der Geognosie und Versteinerungskunde unternommenen Untersuchungen sowol, als auch die Aufklärung, welche sich durch Anwendung mancher gewichtigen Erfahrungen aus der Physik, Chemie, Zoologie, Botanik, Geographie und anderen verwandten Wissenschaften über viele bis dahin in ein mysteriöses Dunkel gehüllte Zweige der Geologie verbreiten läßt, sind Veranlassung geworden, eine Reihe älterer Voraussetzungen über den Bau, das Wesen und die Entstehung der Erdschichten zu berichtigen.

Das heutige Zusammenwirken der gesammten Naturwissenschaften hat gar mächtig auch die Geologie gefördert, welche als der Einigungspunkt für alle übrigen Zweige der Naturstudien angesehen werden muß. Alles, was die Erde bewohnt, steht zu ihr in innigster Wechselwirkung; alle Kräfte, welche von ihr ausgehen, bezeichnen ihre eigensten Merkmale. Es gehen daher aus der Erkenntniß der Thier- und Pflanzenarten, welche jetzt noch auf dem Erdballe leben, aus ihrer Vergleichung mit denjenigen, welche längst ausgestorben in den Erdschichten eingeschlossen ihre Abdrücke zurückgelassen haben; — es gehen aus der Verkettung der in der Physik, Chemie, Astronomie und Geographie erworbenen Erfahrungen, mit den Erscheinungen, welche Bau und Wesen der Erdschichten darbieten, eine Reihe von Vernunftschlüssen hervor, welche ein mehr oder weniger naturgetreues Bild der Entwicklung des Erdballes geben. Je vollkommner die Erkenntniß in den einzelnen Richtungen der Naturwissenschaften sich gestaltet, desto mehr wird sich die geologische Hypothese auch der Wahrheit nähern. Denn jeder Fortschritt auf dem Felde eines Theiles der sich gegenseitig ergänzenden Naturwissenschaften bringt die Geologie in eine neue Entwicklungsphase.

Aus diesen Gründen erachtete die Verlagshandlung von Otto Spamer die gänzliche Umarbeitung des Buches der Geologie, welches die erste Abtheilung der zweiten Serie der „Malerischen Feierstunden“ bildet, für nothwendig, um den zahlreichen Freunden der Natur, welche nicht in der Lage sind, bändereiche Schriften über den betreffenden Gegenstand zu lesen, einen Ueberblick über den jetzigen vorgeschrittenen Zustand der Geologie zu gewähren.

Der Bearbeiter dieser neuen Ausgabe — ein fast gänzlich neu geschaffenes Werk — hatte Gelegenheit, sämmtliche in Deutschland und dem näheren Auslande vorkommende Gebirgsformationen, sowie die meisten Erz-, Kohlen- und Salzlager selbst zu sehen oder zu untersuchen; ihm war es vergönnt, viele der Vorgänge in der Natur selbst oder im chemischen Laboratorium zu beobachten und zu studiren, wichtige Vorgänge, welche die Bildung der Mineralien und Gebirgslager

veranlassen, welche die Stoffe in der Erdrinde anordnen, transportiren und, die Gesteine umwandelnd, auf Gängen und Spalten neue Mineralien ansammeln. Auch hat sich der Verfasser lange Zeit mit dem Zusammenbringen und Bestimmen von Versteinerungen und mit der Aufnahme geologischer Karten beschäftigt, so daß er im Stande ist, vieles nach eigener Anschauung zu geben. Außerdem hat er sich auch bemüht, Alles, was Andere beobachteten, so weit es ihm zugänglich ward, zu benutzen, und das Alles zu einem gedrängten Abriß der Geologie der Neuzeit zusammen zu fassen.

Im ersten Bande derselben wird, von den Stoffen ausgehend, welche die Erde zusammensetzen, die Vorschule der Geologie entrollt; es wird der Erscheinungen und Kräfte gedacht, welche die Umgestaltung der Erdoberfläche in der Zeit bewirken. Der zweite Theil behandelt die Gebirgsformationen in der Weise, daß er jeder eine kurze Beschreibung der die Epoche ihrer Entstehung kennzeichnenden Thier- und Pflanzenarten voausstellt, dann die ihr eigenthümlichen Gesteinsarten folgen läßt, seien es nun Absätze aus Wasser, oder Erzeugnisse der Vulkanthätigkeit oder in Folge des Stoffwechsels umgewandelte Massen. Endlich wird der in der Gebirgsformation jeder Epoche vorkommenden Erze oder anderer nutzbarer Mineralien gedacht. Alle diese Beschreibungen halten sich thunlichst von Hypothesen fern; sie sollen das Erfahrene, thatsächlich Ermittelte kennen lernen. Im letzten Abschnitte giebt dann der Verfasser von seinem Standpunkte aus eine kurze Entwicklungsgeschichte des Theiles der Erdoberfläche, welche am genauesten geologisch untersucht ist.

Die Verlagsbuchhandlung verschaffte durch Hinzufügung einer großen Anzahl von Abbildungen dem Buche einen höheren Werth; viele davon sind ganz neu nach Zeichnungen des Verfassers in Holz geschnitten worden.

Sollte der aufmerksame Leser hier und da auf Einzelheiten stoßen, welche einer Berichtigung bedürfen, so wolle er dergleichen etwa unterlaufene Fehler damit entschuldigen, daß der Verfasser während des Drucks auf einer Dienstreise sich befand, welche ihn weit von der Heimat Monate lang entfernt hielt, und es unmöglich machte, eine Revision der Druckbogen seines Werks selbst zu besorgen. Jedoch hat der Herr Verleger darauf Bedacht genommen, durch einen fachkundigen Beistand die Drucklegung des Werks um so sorgsamer überwachen zu lassen, wofür ich beiden Herren mich besonders verpflichtet fühle.

Im Herbste 1860.

Rudolph Ludwig.

Das

Buch der Geologie.

Inhalt.

Seite

Einleitung 1

Erster Band.

Die Lehre vom Bau und der Zusammensetzung der festen Erdrinde (Geognosie).

Erster Abschnitt.

Felsartenbeschreibung oder Petrographie 13

Erste Abtheilung: **Vorschule der Felsenkunde** 14

I. Chemische Elementar-Bestandtheile der Gesteine . . . 15

II. Mineral-Bestandtheile der Gesteine 17

III. Die Hauptgesteine der Erdrinde 25

A. Struktur der Gesteine 26

B. Absonderung der Gesteine 29

C. Färbung der Gesteine 41

Zweite Abtheilung: **Felsenkunde** 43

Erste Reihe: Eruptivgesteine 44

I. Lava jetzt thätiger Feuerberge 46

II. Lava jetzt nicht mehr thätiger Feuerberge aus den jüngern Erdentwickelungsperioden 47

III. Laven der älteren Erdentwickelungsperioden. Quarzführende Laven 53

Zweite Reihe: Sedimentgesteine 57

I. Klasse: Absatzgesteine 58

II. Klasse: Niederschlaggesteine 67

Dritte Reihe: Metamorphosirte Gesteine 74

Zweiter Abschnitt.

Der Bau der festen Erdrinde oder die Lehre von der Lagerung der Gebirgsstücke (Geotektonik) 87

I. Chronologische Uebersicht der Gesteinsformationen 88

II. Lagerung der Gesteine 92

1. Allgemeine Betrachtungen 92
2. Lagerungsverhältnisse der Gesteine 94
3. Verhalten der eigentlichen Gänge oder Erzgänge zum Nebengestein und unter sich 101

Seite

III. Einfluß der Lagerung und Struktur der Gebirgsstücke auf die Form der Erdoberfläche 111

1. Bezeichnung der Oberflächenformen der Erde . . . 112
   a. Ebenen 112
   b. Gebirge 113
   c. Gestaltung des Meerbodens 117
   d. Ursachen der Oberflächengestaltung der Erde 118
2. Beziehung der landschaftlichen Gestaltung der Erdoberfläche zur Lagerung der Gesteine (Physiognomik der Gesteine) 121
3. Einfluß der Bodengestalt auf den Menschen 123

Dritter Abschnitt.

Die Entstehungsgeschichte der Gesteine (Petrogenie) 125

I. Entstehung der Eruptivgesteine 125

A. Die Wärme des Erdballs 126
B. Vulkane und ihre Eigenschaften 131
C. Erdbeben 152

II. Entstehung der Sedimentgesteine 155

A. Kreislauf des Wassers auf Erden 156
B. Die Gestein-zerstörenden Wirkungen des bewegten Wassers 161
C. Die Gestein-bildende Thätigkeit des Wassers . . . 176
   1. Wasser und Pflanzen als Felsbildner 176
   2. Wasser und Thiere als Felsbildner 181
   3. Sedimente aus dem Wasser und der Luft, ohne Mitwirkung der Pflanzen und Thiere entstanden 187

III. Entstehung der metamorphosirten Gesteine 191

A. Erzeugung der Mineralien und metamorphosirten Gesteine auf künstlichem Wege 193
B. Erklärung der Gesteinsmetamorphose 196
C. Entstehung der Erzlager und Gänge 206
Schluß 211

Die zu diesem Bande gehörigen Tonbilder sind in folgender Weise einzuschalten:

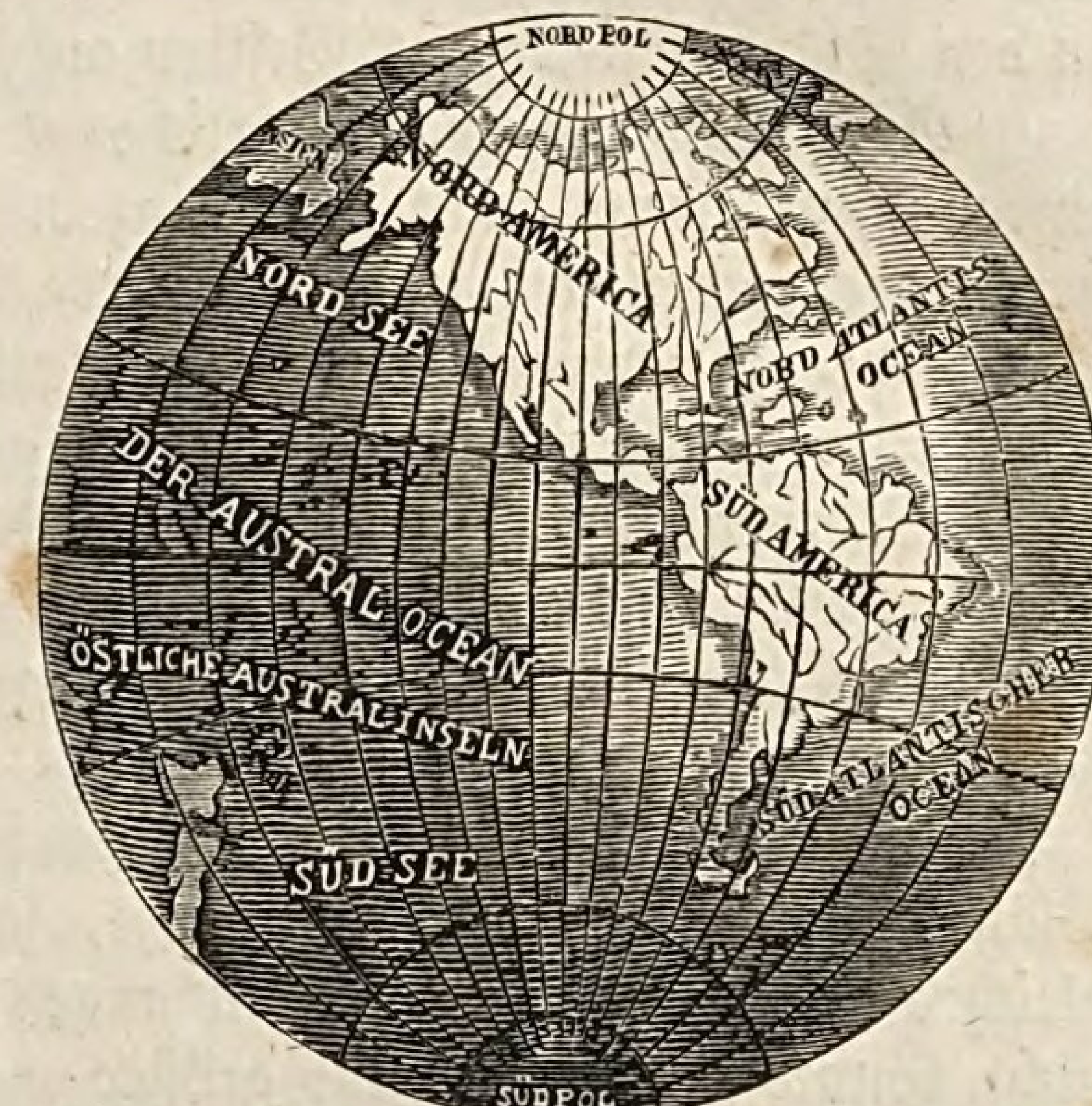
Schieferung im grauen Thonschiefer der Ringabellabucht 32
Der Vulkan Antuja in Chile 131
Der Humboldt-Gletscher 167
Buchans-Insel im Exploits-Flusse 170
Tropfsteinhöhle von Antiparos 199
Eisenbergwerk Nordmark in Schweden 207
Ideale Landschaft aus der Jura-Periode, das Titelbild dieses Bandes, ist im zweiten Bande S. 219 erklärt.

Das

Buch der Geologie.



Oestliche Halbkugel.



Westliche Halbkugel.

Einleitung.

Alles Lebendige auf Erden ist von den Grundstoffen, den Elementen, abhängig, welche unsern Planeten zusammensetzen. Würden andere Stoffe an der Bildung des Gestirnes, das wir bewohnen, theilgenommen haben, würden einige der jetzt vorhandenen fehlen, so würde auch die Welt des Organischen, wenn überhaupt vorhanden, wesentliche Veränderungen erlitten haben.

Die Pflanze und das Thier ändert die äußere Form und Erscheinung je nach dem Alter, je nach dem Wechsel des Jahres — die einfachen Elementarstoffe erscheinen ihnen gegenüber unwandelbar. Die Eigenschaften, an denen wir sie gegenwärtig erkennen, haben seit Urzeiten an ihnen gehaftet. Die Menge, in welcher sie in der Jetztzeit die Erde bilden, war vor Jahrtausenden schon dieselbe. Dieselben Kräfte wirkten in ihnen, dieselben Verbindungen wurden von ihnen geschlossen, dieselben Formenreihen durch sie gebildet. Dadurch, daß gerade die bestimmten Grundstoffe in den vorhandenen Mengenverhältnissen zusammentraten und die Erde bildeten, ward der Grund gelegt für die organischen Wesen, ward die erste Bedingung erfüllt, welche die Existenz der letztern erforderte.

Die Massenvertheilung bedingt den Kreislauf der Gestirne, die Bewegung unsers Sonnensystemes; sie regelt den Lauf der Planeten und der Monde. Die geringste Veränderung in der Schwere der Sonne müßte sich alsbald in der Verengerung oder Erweiterung der Planetenbahnen kund geben. Träte eine solche Veränderung der Masse in einem der Planeten ein, so würden ohne Zweifel Störungen in den gewohnten Bahnen der ihn um die Sonne begleitenden Weltkörper erfolgen, denn, wie wir wissen, ist die Bewegung der Sonnentrabanten von einander so abhängig, daß Leverrier — aus den Unregelmäßigkeiten der Bahn des Uranus auf die Existenz des Planeten Neptun schließen konnte und dadurch Galle in den Stand setzte, dieses Gestirn aufzufinden.

Aber weil ein unabänderliches Gleichgewicht der Massen im Großen stattfinden muß, wenn nicht jedes einzelne Glied der das Universum bildenden Kette verändert werden soll, so muß auch das Mengenverhältniß der jeden einzelnen Weltkörper zusammensetzenden Elementarstoffe ein unwandelbar fest bestimmtes sein. Jedem Sternensysteme ist ein gewisses Maß von Stoffen zugetheilt, jeder einem Sternenhaufen zugehörige Weltkörper erhielt davon gleich im Anfange seinen Antheil. Auch die Erde ward aus einer fest bestimmten Stoffmenge gebildet, und jene Elemente waren auch in Bezug auf ihre Qualität in bestimmten Verhältnissen zu einander gefügt.

Wenn die Erde im Stoffaustausche mit dem unendlichen Raume oder den Planeten des Sonnensystemes steht, so wird ihr, sobald sie Stoffe abgiebt, ein gleiches Maaß ähnlicher Verbindungen zurückgegeben werden müssen. Wäre das nicht, könnte sie schwerer und größer oder leichter und kleiner werden, so müßte sie ihre vorgeschriebene Bahn verlassen, sie würde die Bahn ihres Begleiters des Mondes verändern und Störungen in der Bewegung aller mit ihr die Sonne umkreisenden Planeten hervorrufen; das Erdenjahr würde sich verkürzen oder verlängern, der Abstand von der Sonne, vom Monde, von den benachbarten Planeten würde dem Wechsel unterliegen.

Die Astronomen haben durch genaue Vergleichung der Zeitbestimmungen, seit 430 v. Chr. (Demokrit), mit großer Wahrscheinlichkeit ermittelt, daß sich innerhalb 2000 Jahren die Länge des Erden-Tages nicht um die kleinste durch menschliche Kunst noch meßbare Zeitgröße, um $^1/_{10}$ Secunde verändert hat; sie schließen aus diesem Umstande, daß seit zwei Jahrtausenden keinerlei Veränderung in der Massenvertheilung erfolgt sei. —

Dem Erdball und seiner Atmosphäre wurden gewisse Maßtheile von Stickstoff, Sauerstoff, Wasserstoff, Chlor und andern gasförmigen Körpern, von Kohlenstoff, Schwefel, Phosphor, Kiesel und sonstigen Metalloiden, von Kalium, Kalcium, Natrium und dergleichen Alkalien und Erden, von Eisen, Kupfer, Gold und andern Metallen gegeben. Einige dieser elementaren Bestandtheile, deren uns die Chemie bis heute 63 unterscheiden lehrt, herrschen vor, aber keiner darf fehlen, das Mischungsverhältniß derselben darf nicht abgeändert werden, wenn nicht der Grundcharakter der Erde der Standpunkt, welchen sie im Universum einzunehmen berufen ist, wechseln soll.

Die 63 Elemente bewegen sich im beständigen Kreislaufe auf Erden, sie ruhen nimmer, und unterbräche sich jemals ihr wechselnder Reigen, die Erde wäre tod und vernichtet. —

Das Wasser ist in der Mischung des Erdkörpers, im Gesteine, in Quellen, Flüssen und Meer, in Pflanzen und Thieren und in dem Luftkreise in einer von Anfang an festbestimmten Menge vorhanden; es vollendet von jeher seinen Kreislauf aus dem Ocean durch den Luftkreis und die Erde. Es beladet sich in der Erdrinde mit Stoffen; es transportirt sie nach verschiedenen Richtungen, tauscht sie aus und vermittelt dadurch den Stoffwechsel in den Gesteinen; es führt diese Stoffe aber auch in Quellen an die Erdoberfläche, ernährt damit Pflanzen und Thiere; es sammelt sich endlich wieder im Meere, um den Kreislauf auf's Neue zu beginnen.

Wenn die im Erdinnern vorgehenden chemischen Processe, deren höchstgesteigerter Grad sich als vulkanischer Ausbruch äußert, das Wasser in seine Grundstoffe zerlegen, so werden die elektrischen Entladungen der Atmosphäre, sowie das Pflanzen- und Thierleben, aus jenen Grundstoffen wieder Wasser darstellen. Würde der letztere Hergang nicht durch den entgegengesetzten in der Erdrinde ausgeglichen, so müßte das Wasser anschwellend die Feste überfluten und verschlingen.

Wenn eine gewisse Menge Sauerstoff erfordert wird zur Erhaltung des Thierlebens, so darf kein anderer Elementarbestandtheil des Erdballes diesen Sauerstoff unauflöslich an sich fesseln, weil sonst das Thierreich durch Verarmung der Atmosphäre an Lebensluft beschränkt würde. Die Pflanzen müssen in einem gewissen numerischen Verhältnisse zu den Thieren stehen, weil erstere die von den Thieren ausgeathmete Kohlensäure wieder in Sauerstoff und Kohle trennen. Wenn das Pflanzenreich auf Erden einschrumpfte, würde auch der Umfang des Thierlebens sich vermindern müssen aus dem eben genannten und dem weitern Grunde: weil die Thiere sämmtlich zuletzt nur in den Pflanzen ihre Nahrung finden. Denn die fleischfressenden Raubthiere ernähren sich von Pflanzenfressern und mit der verminderten Anzahl der letzteren geht auch die Menge der ersteren zurück. Diese Beispiele mögen die Aufmerksamkeit auf die in der gesammten Natur ausgesprochenen Oekonomie richten, sie mögen zeigen, wie alle Dinge im Wechselverkehr sich in Abhängigkeitsverhältnissen zu einander befinden, wie jede Wesenreihe, wie jede Stoff-Vergesellschaftung auf Erden in Ausdehnung und Menge von der benachbarten begrenzt und auf einer gleichbleibenden Größe erhalten werden muß. Ein jedes auf der Erde vorhandene Wesen hat die Bestimmung, zur Erhaltung des Ganzen mitzuwirken; auch der Mensch erfüllt unbewußt zur Erhaltung und Entwickelung des Erdganzen führende Zwecke, wenn er die an einzelnen Stellen vereinigt liegenden Metalloxyde aus der Erde gräbt, in Metall verwandelt und in allerlei Werkzeuge geformt über die Oberfläche verbreitet. Aber die Erde wirkt dann auch wieder auf sein geistiges Wesen zurück, denn je vielfältiger die Verwendung der Metalle bei den Völkern wird, desto geschärfter werden die geistigen Kräfte der letztern.

Die Eigenschaften, welche die verschiedenen Stoffe besitzen, durch deren

Vergleichung wir sie von einander zu unterscheiden vermögen, müssen, solange überhaupt die Stoffe bestehen, unverändert dieselben geblieben sein und bleiben. Könnten einem Stoffe einige seiner Eigenschaften genommen, oder könnten ihm neue hinzugefügt werden, so würde er von da an mit einem ganz andern Charakterausdrucke erscheinen, sein ganzes Wesen wäre verändert.

Physik und Chemie lehren uns die Eigenschaften der Stoffe und ihrer Verbindungen kennen, und wenn auch noch täglich neue Entdeckungen auf dem Gebiete dieser verhältnißmäßig noch neuen Wissenschaften erfolgen, so dürfen wir doch schon mit Gewißheit annehmen, daß das Zahlengesetz, nach welchem sich die Verbindung der Stoffe regelt (stöchiometrisches Gesetz), daß die Wahlverwandtschaft, womit unter gegebenen Temperatur- und Druck-Bedingungen sich die Stoffe aufsuchen und vereinen oder trennen und fliehen, daß die dabei in Anwendung kommenden Formgesetze, obgleich von äußern Einwirkungen abhängig, in ihren Grundlagen von Anbeginn an dieselben geblieben sind. Die Körper der Mineralien, der Pflanzen und Thiere wurden von jeher nach diesen Gesetzen zusammengefügt, und was heute der experimentirenden Chemie und Physik nicht gelingt, weil es den Naturgesetzen widerstrebt, das konnte nie und nimmer in der Natur vorgehen. Deshalb darf nie zur Unterstützung einer geologischen Hypothese eine chemische oder physikalische Unmöglichkeit vorausgesetzt werden.

Das Formengesetz, welches die Elementarstoffe und deren nach festen Zahlenverhältnissen geordnete Verbindungen zu Raum erfüllenden Gestalten (Krystallen) vereinigt, ist von äußern Einwirkungen abhängig; weshalb die Krystalle ein und derselben Substanz in verschiedener Weise ausgebildet und von mehr oder weniger Flächen begrenzt erscheinen. Dieses Formengesetz wirkt aber trotz der größten Manchfaltigkeit in seiner Anwendung nach der einen und ewigen Grundidee, der des Gleichgewichtes der Massen; weshalb sich die verschiedenen Krystallgestalten einer Mineralsubstanz sämmtlich auf eine Grundform zurückführen lassen, was eine Aufgabe der Mathematik geworden ist. — Weil aber jenes Formgesetz der jeweiligen Entwickelungsstufe des Erdganzen entspricht, deshalb tragen die Krystallisationen der ältern Gesteine einen andern Formausdruck (Formtypus), als die der jüngern; deshalb weichen die Gestalten der in den tiefern Erdschichten gefundenen versteinerten Pflanzen und Thiere von denen der jetzt die Erde bewohnenden ab, ohne davon in den Geschlechtern verschieden zu sein. —

Die Mineralien sind aus den 63 Elementarstoffen nach Maß und Gewicht zusammengefügt; die Mineralogie lehrt uns bis jetzt 490 bis 500 solcher Körper kennen. Von dieser größern Anzahl nehmen nur wenige in vorherrschender Menge an der Zusammensetzung der Felsmassen der Erdrinde Antheil, die meisten treten als Nebenbestandtheile der Gesteine mehr in den Hintergrund. Die Petrographie, die Kunde von den Felsmassen, bezeichnet 25 bis 30 jener Mineralspecies als diejenigen, welche die Gesteine bilden. Die Felsmassen bestehen entweder aus einem gestaltlosen (amorphen) Gemenge der elementaren Stoffe, oder letztere sind in Krystallindividuen als bestimmte Mineralspecies gruppirt nebeneinander angereiht, wonach man amorphe (erdige) und krystallinische Gesteine unter-

scheidet. Wie die krystallinischen Felsarten aus den amorphen entstehen können, zeigt uns das im chemischen und pyrotechnischen Laboratorium ausgeführte Experiment.

Die Gesteinsbildungslehre (Petrogenie) ist ein für die Geologie höchst wichtiger neuer Zweig der Wissenschaft geworden, weil sie der Prüfstein für die seither im Schwange gewesenen Ansichten über die Erdbildung (Geogenie) ward, und zur richtigen Beurtheilung des Vorkommens der nutzbaren Mineralien und Metalle, welche Gegenstände der Bergbauindustrie sind, unumgänglich nothwendig ist.

Im Pflanzenreiche sind die Elementarstoffe ebenfalls nach stöchiometrischen Verhältnissen zu den Pflanzenzellen, den Gewebetheilen und Säften verbunden, aus denen sich die Pflanzengestalten entwickeln. Die Pflanzenarten unterscheiden sich nach der Anordnung ihrer Gewebetheile sowol als nach der Verschiedenheit ihrer Säftemischung. Genaue Untersuchungen der in den Erdschichten verschüttet vorkommenden Pflanzenformen und Vergleichung des Zellenbaues derselben mit dem der jetzt grünenden gaben die Ueberzeugung, daß die von der Erde erzeugten Gewächse zu allen Zeiten dem gleichen Bildungsgesetze unterworfen waren. Allerdings spiegelt sich jede Entwicklungsstufe des Erdkörpers auch in den Pflanzenformen ihrer Zeit, so daß die Algen, die Farne, die Zapfenbäume, die Gräser, die Palmen u. s. w. einer jeden Periode ihre Eigenthümlichkeiten besitzen und dadurch Merkmale für die Unterscheidung der Erdschichten und Felsmassen, in denen ihre Abdrücke vorkommen, nach geologischen Perioden darbieten; aber bei aller äußern Verschiedenheit stimmen sie im innern Bau auf eine bemerkenswerthe Weise überein, so daß unter Anwendung des Mikroskopes die Struktur längst vergangener Pflanzenarten mit jener der jetzt wachsenden übereinstimmend gefunden und die Gewißheit erlangt wird, daß zu allen Zeiten die dem Erdballe und seinen Stoffen innewohnenden Kräfte sich bei der Pflanzenbildung in gleicher Weise, wenn auch nicht in gleicher Stärke und Mandfaltigkeit äußerten. —

Die Pflanzenarten sind den klimatischen Verhältnissen und den Einwirkungen des Standortes unterworfen. Die Formen der Wasserpflanzen unterscheiden sich von denen der Landpflanzen. Ob Meer oder See, ob Sumpf oder Fluß, ob Ebene oder Felsgebirge als Standort dienen, das spricht sich ebenso deutlich in der Pflanzengestalt aus, als der Umstand, ob das helle Licht des Tropenhimmels oder der schief auffallende Sonnenstrahl in den Polarzonen die Blätter und Blüten traf. Die Pflanzen erscheinen deshalb als die eigentlichsten an ihre Mutter festgewurzelten Kinder der Erde.

Die Botanik erkannte bis jetzt etwa 100,000 die heutige Erdoberfläche schmückende Pflanzenarten; die Anzahl der in den Erdschichten verschütteten ältern Pflanzenspecies ist noch unvollständig bekannt, sie ist täglich im Wachsen begriffen, weil der rege Forschungstrieb stets neue nachweist. Bis jetzt sind nur etwa 3,500 fossile Pflanzenformen beschrieben worden.

Die Mandfaltigkeit der auf die Pflanzen einwirkenden äußeren Ursachen spricht sich deutlich in dem Formenreichthume der jetzt existirenden und längst ver=

gangenen fossilen Pflanzen aus; es ist bekannt, daß nur wenige Pflanzenarten durch alle Zonen der Erdoberfläche hindurch ziehen, daß vielmehr das Klima von wesentlichem Einflusse auf deren Vertheilung ist. Auch bei den fossilen Pflanzenformen macht sich diese Erscheinung geltend; eine jede Erdentwicklungsepoche hat ihre eigenthümliche Flora und nur wenige Formen überdauern mit großer Zähigkeit mehrere geologische Perioden.

Die Pflanzenzellen ziehen die Elementarstoffe oder deren Verbindungen aus dem Erdboden, dem Wasser und der Luft an sich, um sie zu gleichartigen Gebilden zu verschmelzen. Das Pflanzenwachsthum wird dadurch vermittelt. Das Moos formt aus denselben Urstoffen, welche in der Eiche zum holzigen Stamme werden, seinen dünnen Stengel. Auch diese gestaltend wirkende Kraft wohnt der Stoffvereinigung (Stoffcombination), welche wir Pflanzenzelle nennen, von Anfang an inne, und befähigt jede Pflanzenart, sich aus dem Keime zu entwickeln, zu wachsen und sich fortzupflanzen. Solange Pflanzen auf Erden bestehen, waren diese Hergänge dem gleichgebliebenen Gesetze unterworfen, vermöge dessen sie sich nach allen Richtungen über die Erdoberfläche hin verbreiten konnten.

Für die Geologie haben die Pflanzen eine sehr große Bedeutung; so abhängig sie vom Standorte sind, so sehr wirken sie auf denselben zurück. Umfangreiche Gesteinslager, mächtige Felsmassen sind durch die Einwirkung der Pflanzen auf die Wasser der Flüsse, Sümpfe, Seen und Meere entstanden, welche erdige Bestandtheile aufgelöst enthalten; viele für die materielle und geistige Entwicklung der Menschen höchst wichtige Gebirgsschichten wurden entweder durch Pflanzenleben vermittelt oder bestehen geradezu aus den Resten früherer Vegetationen; überall, wo Pflanzen wachsen, rufen die bei ihrer Verwesung entstehenden Säuren und Salze in den Erdschichten beträchtliche und vielfache Umwandlungen hervor. Der Bergmann unterscheidet nach der oft nur allein erhalten gebliebenen äußern Form der versteinerten Pflanze die Gebirgsschichten und beurtheilt darnach, ob er der Erz- oder Stein- oder Braunkohlen führenden Formation nahe ist, ob er die gewünschte Ausbeute an Brennstoff und Metall hoffen darf. Die fossilen Pflanzenformen sind öfters seine untrüglichen, sichern Wegweiser in den dunkeln Regionen seiner Berufsthätigkeit.

Im Thierreiche ordnen sich die Elemente ebenfalls nach stöchiometrischen Verhältnissen zu Zellen, aus denen die Thierformen sich aufbauen und gestalten; auch hier unterscheiden sich die Arten je nach der Gruppirung und der chemischen Mischung dieser Zellen. Wie die Pflanze, so ist auch das Thier in hohem Grade abhängig von äußeren Einwirkungen, vom Wohn- oder Standorte, von dem Medium, in welchem es sich bewegt. Es ist bekannt genug, welch' ein Unterschied besteht zwischen Land- und Wasserbewohnern, daß die Ebene andere Thierformen nährt als das Bergland, daß die klimatischen Zustände tief eingreifend einwirken. Die das pelagische Meer bewohnenden Weichthiere sind leicht zu unterscheiden von den an felsiger Meeresküste in der Wogenbrandung schwimmenden, oder den im schlammigen Boden ruhiger Buchten, oder den, im abwechselnd von der Flutwelle genetzten und dann wieder vom Winde getrockneten Sande der Küste kriechenden.

Die Beschaffenheit des Wassers übt einen mächtigen Einfluß auf die thierische Gestalt, deshalb werden in salzreichen Meeren andere Schneckenformen beobachtet, als im salzärmern Brack- oder im salzfreien Fluß- und Seewasser. — Wie zahlreich sind die Unterscheidungsmerkmale der auf den Luftkreis angewiesenen Insekten und Vögel, wie leicht trennt sie das ungeübteste Auge vom Fische, den Krustenthieren und Wasserkäfern. Aus alle dem geht das Abhängigkeitsverhältniß der thierischen Form vom Erdkörper klar hervor; wir finden demgemäß auch jeden Entwicklungsabschnitt der Erde durch eigenthümliche thierische Gestalten bezeichnet, wenn auch, wie dies bei den Pflanzen schon bemerkt wurde, einzelne Formen des Thierreichs, namentlich tiefer in der Reihe stehende, mehrere Erdentwicklungsperioden durchdauerten.

Die thierische Form ist entweder ihr ganzes Leben lang oder doch wenigstens während der Dauer eines ihrer Entwicklungszustände gänzlich von der Erde, vom Boden losgelöst, wodurch sich das Thier außer andern bezeichnenden, im Chemismus beruhenden Merkmalen wesentlich von der Pflanze unterscheidet. Die freie Bewegung gestattet dem Thier meist mit seines Gleichen zu verkehren, in gesellschaftliche Beziehungen zu treten, seine Zwecke gemeinschaftlich zu verfolgen. Die Materie ist im Thierreiche zu einer Form erhoben, an welche sich geistige Eigenschaften knüpfen. Das Thier besitzt das Vermögen der Erinnerung, es richtet seine Handlungen nach Erfahrungen ein, welche es sammelte, es äußert dabei ein Nachdenken, es zieht bis zu einem gewissen Grade Schlüsse, die von überlegender Vernunft zeugen; es theilt sich seines Gleichen durch Zeichen und Töne, durch eine Sprache mit. Der thierische Körper, dieses Gewebe aus den verschiedensten organischen Zellen, nimmt aus dem Pflanzenreiche seine Nahrung und hat nicht in dem Maße wie der Pflanzenkörper die Kraft, die Elementarstoffe unmittelbar in sich zu verwenden. Nur das Wasser und den Sauerstoff vermag er mit den Pflanzenzellen zu neuen Formenreihen zu verbinden, den Raubthieren geht sogar diese Eigenschaft ab, sie können nur thierische Zellen in ihr Wesen aufnehmen. Alle diese von außen bezogenen Stoffe verwendet der thierische Leib zu seiner Zusammensetzung, bis er sein Maß erreicht hat, alsdann scheidet er eine gleiche Menge verbrauchten Stoffes aus. Diese Kette von chemischen Ereignissen, welche im Thierkörper vorgehen, bilden den Lebensprozeß. Der Thierleib wie die Pflanze hat unter gewissen Bedingungen die Fähigkeit, gleichartige Wesen zu erzeugen; auch der ihn bildenden Stoffverbindung ist von Anfang an die Eigenschaft beigelegt worden, sich zu vermehren und ein ihm gleiches Gebilde hervorzubringen.

Die Thierwelt, abhängig von der Erde, sich von ihr nährend, giebt beim Absterben an jene Alles zurück, was sie von ihr empfing, und prägt dabei dem unter ihrer Vermittelung entstandenen Gesteine noch ihre Formen auf. Wir finden mächtige Felsmassen gänzlich aus Korallenbauwerken bestehend, weit ausgedehnte Schichten wimmelnd von zahllosen Schneckenschalen. Nicht minder wirken die aus dem Zerfallen des Thierleibes entstehenden Säuren und Salze umändernd auf die Erdschichten ein. Ueberall bemerken wir in der Natur diese innigste Verschlingung ihrer Kinder, deren keins ohne das andere bestehen kann.

Die Zoologie (Lehre von den Thieren) kennt jetzt etwa 112,000 die Erde bewohnender Thierarten, die Paläontologie, welche sich mit der Erkenntniß der untergegangenen, in den Gesteinschichten begrabenen Thierformen befaßt, beschreibt bis jetzt etwa 20,000 Arten, welche aber jährlich um neu aufgefundene vermehrt werden.

Das Studium der Paläontologie, zu der Erkenntniß der Lagerungsfolge der Gesteine für den Bergbaubetreibenden so unerläßlich, führte außerdem zu der Ueberzeugung, daß der Erdball einen gewissen Entwicklungsgang genommen haben müsse, und gab dadurch der Geologie eine höhere Richtung. Die Thiere und Pflanzen, welchen die Erde im Verlaufe der Zeit als Wohnstätte diente, welche von ihrem Wesen abhängig, von ihr bedingt, erhalten und ernährt wurden, gehen vom Anfange an einer stetigen Vervollkommnung in der Form und dem Wesen entgegen, was auf eine allmälige Entwicklung des Erdballes selbst schließen läßt. Endlich war die Erde reif, den Menschen zu tragen. Ihre Zustände verlangten das tiefere Eingreifen einer neuen Kraft, welche die wild dahinströmenden Flüsse in bestimmte Betten lenkte, die Oberflächenbedeckung und das Pflanzenwachsthum regelte und ordnete, welche die durch den chemischen Austausch an einzelnen Stellen der Erdkruste angesammelten Metalle und Kohlen ausbricht und, in kleinere Quantitäten vertheilt, wiederum über die ganze Erde verbreitet.

Das anfänglich gegründete Entwicklungsgesetz verlangte die Entstehung des Menschengeschlechtes und dieses ward nach denselben Regeln, nach denen sich die Thierkörper bilden, aus den elementaren Stoffen hervorgebracht. Aber wie sich der Menschenleib durch seine größere Manchfaltigkeit an Gliederformen von dem Thierleibe unterscheidet, so und in noch höherem Grade der Menschengeist vom geistigen Vermögen der Thiere.

Allerdings ist der Mensch abhängig vom Boden, den er bewohnt, vom Klima, von den ihn nährenden Pflanzen, von den Stoffen, die er, in den Gewerben verwendend, dem Erdball entreißt; allerdings wirken der Reichthum oder die Armuth des Bodens, die Vertheilung von Land und Wasser, von Ebene und Gebirge, die Physiognomie des Landes auf die Beschäftigungsweise, den Ideengang, die Staatseinrichtung, die Rechtsverhältnisse, die Gemüthsstimmung, die religiöse Anschauung der Völker bestimmend ein; aber dennoch gehört der Mensch einer andern höhern Wesenreihe an als das Thier; er ist nicht die Spitze des Thierreiches, sondern er bildet ein eigenes, das Menschenreich.

Die Form des Menschenkörpers ist gemacht zur Aufnahme einer freieren Willenskraft; eine freiere Thätigkeit ist ihr, sowie auch der ihr innewohnenden Geisteskraft gestattet. So schwebt der Menschengeist, abweichend von dem der Thiere, hin in das unendliche All und mißt der fernsten Sterne Bahnen. Er ergründet nachdenkend und vergleichend den gesetzmäßigen Zusammenhang der Weltkörper. Er sieht in die Tiefe der Erde und der Zeiten, ahnend die dort bestehenden Zustände und das Wesen längst entschwundener Erscheinungen. Er zieht mit dem Tubus den Himmel auf die Erde und findet durch das Mikroskop im Staube die Herrlichkeit der Weltschöpfung. Er will die Erkenntniß der Dinge; er will

die um ihn liegenden Erscheinungen erfassen, ihren Urgrund erforschen und kennen lernen; er will sich die Erde mit allen ihren Kräften dienstbar machen! — Aber alle diese Bestrebungen bezeichnen den Menschen noch nicht vollständig. Das was ihn specifisch unterscheidet von den übrigen Erdbewohnern, das ist sein Glaube an ein höchstes unvergänglich einiges Wesen, an Gott.

Das Bestreben der Menschen sich die verschiedenen Naturkräfte dienstbar zu machen, hat zum Studium der Natur geführt, hat die Naturwissenschaften erweckt. Der Handel und die Schifffahrt riefen Astronomie und Geographie, die Sorge für den erkrankten Körper Chemie, Anatomie, Zoologie, Botanik, ferner die Sorge um das tägliche Brod führte zur Physik, Mathematik, Mechanik und zum Studium der in der Erde liegenden Stoffe. Wie aber der Mensch alle gewonnenen irdischen Schätze auf etwas Erhabenes hinführen muß, so mußte er auch in der Geologie die Krone flechten, in welcher sich alle andern Zweige der Naturwissenschaften verschlingen.

Die Geologie ist die Wissenschaft von der Natur des Erdkörpers, sie umfaßt demnach den Erdball mit allen seinen Kräften und seiner gesammten Thätigkeit. Da aber nur nach genauester Untersuchung aller auf der Erde vorgehenden Erscheinungen, nach vollständigster Bekanntschaft mit den die Erde zusammensetzenden und bewohnenden Körpern und Organismen, sogar erst nach genügender Erforschung der fernen Räume des Weltalls die Natur des Erdkörpers bestimmt erkannt werden kann, so muß sich die Geologie die sämmtlichen Naturwissenschaften zu Hilfe nehmen und jeder Fortschritt in einer der letztern fördert zugleich sie selbst. — Aus diesem Grunde sind die von den Geologen aufgestellten Ansichten über die Entstehung und Entwicklung der Erde so sehr von einander abweichend, sie richten sich genau nach der Individualität dessen, der sie ersann. Durch genaueste vielseitigste Beobachtung der Natur, durch scharfsinnig unternommene, die Natur möglichst nachahmende chemische und physikalische Experimente allein kann die Geologie gefördert werden, kann diese jüngste Tochter der menschlichen Vernunft als Siegerin aus dem Kampfe mit dem Aberglauben und der Schwärmerei hervorgehen.

Die Geologie im engern Sinne behandelt die Wissenschaft von dem Erdkörper, ohne Rücksicht auf dessen Bewohner, ja sie trennt sich sogar von der Meteorologie oder der Wissenschaft vom Luftkreise, von der physikalischen Geographie, von der Mineralogie und der Paläontologie. Sie beschäftigt sich vorzugsweise mit der Erdfeste und der auf und in ihr vorgegangenen und noch stattfindenden Veränderungen.

Als solche Wissenschaft zerfällt sie in zwei Hauptabtheilungen: in die

Geognosie, die Kunde von der Erde und deren Bau, und in die

Geogenie, die Wissenschaft, welche sich mit der Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers beschäftigt.

Während die Geognosie sich vorzugsweise auf die Erfahrungen stützt, welche in der festen Erdrinde über die Zusammensetzung, die Lagerung und Reihenfolge der Felsmassen gesammelt, oder durch Anwendung von chemischen und physi=

kalischen Experimenten über die Entstehung und Umwandlung der Gesteine und Gebirgslager erworben werden können, zieht die Geogenie aus der Anordnung der Massen, dem Vorkommen von Mineralien und von versteinerten Pflanzen- und Thierresten Schlüsse auf die früheren Zustände des Erdballes.

Der diesen Bänden vergönnte Raum gestattet es nur das Wissenswürdigste aus dem reichen Gebiete der Geologie mitzutheilen. Wir werden das bis jetzt Erforschte mit möglichster Klarheit vorzuführen, alles Hypothetische möglichst auszuscheiden und Lücken, welche sich noch in der Reihe der Erfahrungen zeigen, nur mit solchen Voraussetzungen auszufüllen suchen, welche nach dem jetzigen Standpunkte der Naturwissenschaften die größte Wahrscheinlichkeit für sich haben. Außerdem geht unser Bestreben dahin, durch eine kurze Darstellung der Petrographie und Petrogenie unsere Leser auf einen solchen Standpunkt zu stellen, daß sie sich selbständig weiteren Forschungen in der Geologie widmen können, zu denen jeder Gang ins Freie, jede Reise Gelegenheiten die Menge darbieten. Endlich beabsichtigen wir die Aufmerksamkeit auf die für die Technik und Kunst wichtigen mineralogischen Lagerstätten zu lenken, damit auch diejenigen, welche ein Interesse für Bergwerksunternehmungen haben, uns gern und mit Nutzen folgen mögen.

Wir beginnen mit dem, der unmittelbaren Beobachtung Vorliegenden, durch die Sinne Wahrnehmbaren und lassen diesem die daraus gezogenen Vernunftschlüsse folgen; deshalb theilen wir unser Buch in folgende Abschnitte:

A. Geognosie.

Erster Abschnitt. **Felsartenbeschreibung** (Petrographie), worin die Mineralien und Gesteine, welche sich vorzugsweise an der Zusammensetzung der Feste betheiligen, kurz beschrieben werden.

Zweiter Abschnitt. **Der Bau der festen Erdrinde** (Geotektonik), worin der Bau der Felsarten oder die Architektur der Erdrinde, sammt allen Lagerstätten nutzbarer Mineralien geschildert wird.

Dritter Abschnitt. **Entstehungsgeschichte der Gesteine** (Petrogenie), worin die Entstehung der Gesteine unter dem Einflusse der Wärme, des Wassers, der chemischen Wahlverwandtschaft und der Elektricität, wie sie sich in unsern Tagen beobachten läßt, erläutert wird; es werden die Beobachtungen und Erfahrungen über die Gesteinsmetamorphose mitgetheilt.

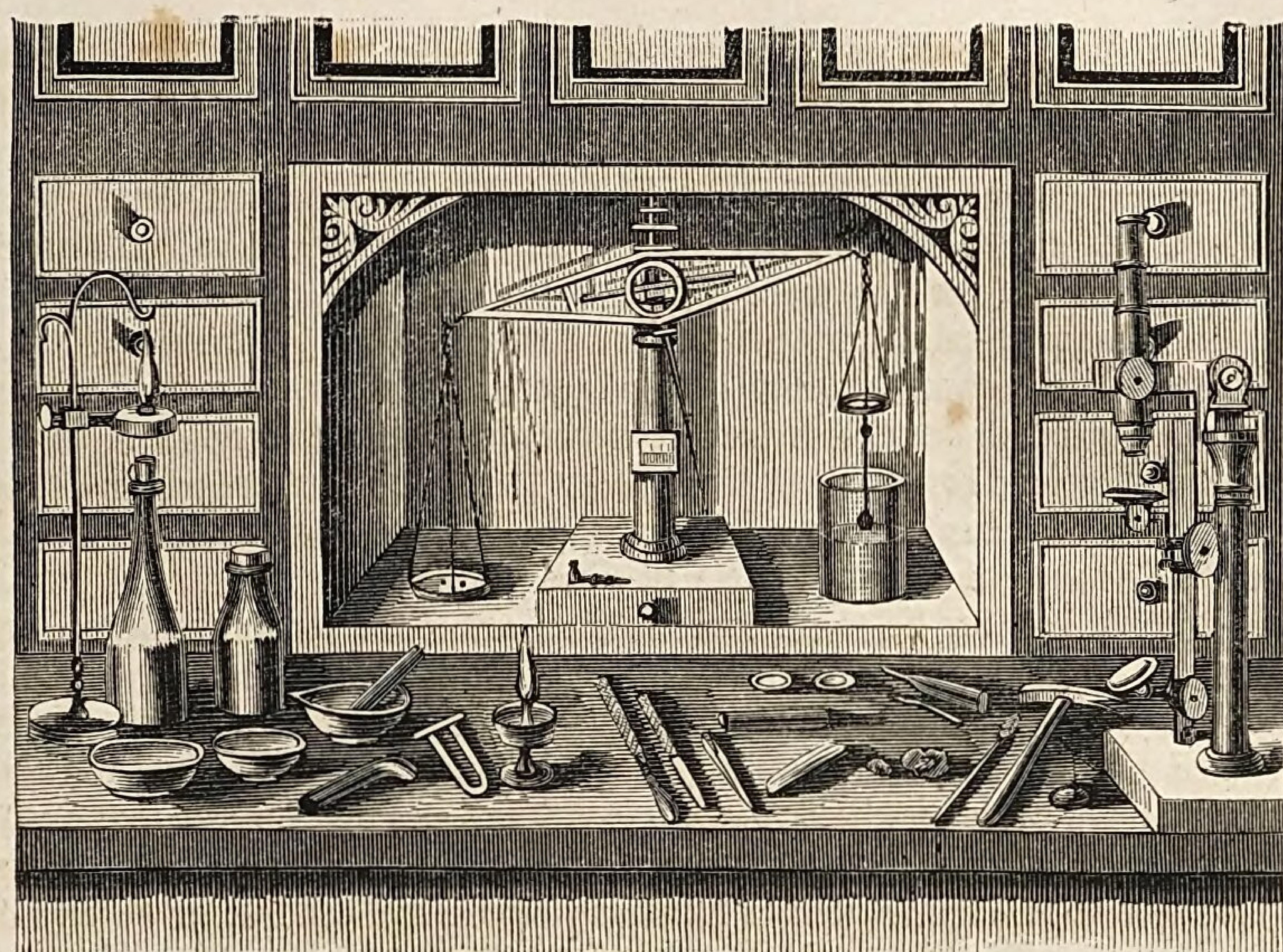
B. Geogenie.

Vierter Abschnitt. Entwicklung der einzelnen Gesteinsformationen und Mittheilung der vorherrschend darin vorkommenden Versteinerungen.

Fünfter Abschnitt. Entwicklungsgeschichte des Erdballes.

Erster Theil.

Die Lehre vom Bau und der Zusammensetzung der festen Erdrinde (Geognosie).



Geräthschaften des Geognosten.

Erster Abschnitt.

Felsartenbeschreibung oder Petrographie.

Ehe des Menschen Geist versuchen konnte, die Geschichte der Erde zu ahnen, die Jahrmillionen an sich vorüberziehen zu lassen, nach denen ein Stern sein Lebensalter zählt, ehe der Geolog die Perioden des Erdenlebens zu umgrenzen vermochte und ihre Physiognomien entwerfen konnte, wie ein denkender Maler die Silhouetten eines Helden nach den verschiedenen Altersstufen desselben studirt, — bevor dies möglich war, mußte die Wissenschaft schon tief eingedrungen sein in die Kenntniß der äußern Merkmale, chemischen Zusammensetzung, Lagerungsverhältnisse und stattfindenden Veränderungen der Gesteine, welche die feste Rinde des Erdballes bilden. Bevor die Geologie geboren werden konnte, mußte die Geognosie ein gewisses Alter erreicht haben.

Die Geognosie ist also der ältere Zweig der geologischen Wissenschaften; sie ist eine im deutschen Vaterlande geborene und großgezogene Tochter ernster Forschungen!

Abraham Gottlob Werner, bis zu seinem 1817 erfolgten Tode Professor an der Bergakademie zu Freiberg in Sachsen, war der erste, welcher ein

System der Geognosie zusammenstellte. Seine Schüler Alexander von Humboldt und Leopold von Buch haben in gemeinsamem Streben mit vielen Gelehrten und Forschern auf dem Gesammtgebiet der Naturwissenschaft, von denen Arago, Elie de Beaumont, Roderik Murchison, Charles-Leyel und Charles Darwin, Haidinger und Naumann, von Dechen und Bischoff besonders hervorzuheben sind, die Geologie zur Geognosie gefügt.

Die Geognosie beschäftigt sich mit der Erkenntniß der Zusammensetzung des Erdballes. Sie muß sich freilich hierbei auf den Bau der festen Rinde unseres Planeten beschränken, denn die tiefsten bergmännischen Arbeiten reichen kaum 4000 Fuß in die Erdrinde herein; was tiefer liegt, kann der Menschengeist nur ahnen. Er zieht zwar aus der Stellung der den Erdball bedeckenden Felsplatten Folgerungen, diese haben aber auch nur bis zu einer sehr geringen Tiefe hinab Geltung, so daß uns bis jetzt der tiefer liegende Erdkern und seine Zusammensetzung noch vollkommen unbekannt geblieben ist. Die von den Vulkanen an die Erdoberfläche gesandten Laven erscheinen zwar als aus großer Tiefe entnommene Theile des Erdballes; da sie aber ihre Form — ohne Zweifel einem in den Tiefen vorgehenden chemischen Umbildungsprozesse verdanken, so läßt sich aus ihnen weiter nichts als die Folgerung entnehmen, daß der Erdkörper auch in den Regionen ihrer Entstehung aus denselben Elementen in gleicher Mischung besteht, welchen wir an dessen Oberfläche begegnen. Die Geognosie ist demnach die Kunde von den, die Erdrinde bildenden Massen, von den Kräften, welche bei deren Gruppirung und Umgestaltung thätig sind, und vom Bau der Schale des Erdballes. Sie ist eine auf Erfahrung gegründete Wissenschaft, und sie bedient sich zur Untersuchung der ihr unterworfenen Dinge einer Anzahl von Geräthschaften, die wir im Folgenden näher besprechen und von denen das Anfangsbild S. 13 einige vorführt.

Erste Abtheilung:

Vorschule der Felsenkunde.

Wollen wir uns in den Stand setzen, die Lagerungsverhältnisse der Gesteine zu verstehen, welche bei der Zusammensetzung der Erdrinde stattfinden, so müssen wir uns vorher mit den einzelnen Felsarten ein wenig vertraut machen. Diese bilden die handelnden Personen auf dem Schauplatz der Schöpfung der Erdkruste.

Alle an der Zusammensetzung der festen Erdrinde theilnehmenden Massen werden mit dem Gesammtnamen Gestein bezeichnet, mögen sie nun hart und fest oder weich und locker sein. Ja sogar das erstarrte Wasser, das Eis, wird als Gletscher- und Polareis zu den Gesteinen gezählt. Die Beschreibung der Gesteine, die Petrographie, nimmt die Chemie und Mineralogie zu Hilfe. Erstere giebt ihr Kunde von der elementaren Zusammensetzung der Gesteine, während letztere die in den Fels- und Erdmassen vorkommenden Mineralspecies genauer bezeichnet.

I. Chemische Elementar-Bestandtheile der Gesteine.

Solange man sich begnügen mußte, die Gesteine und Erdarten nur äußerlich zu betrachten, war es eine Unmöglichkeit, klare Vorstellungen über das Wesen derselben zu erhalten. Man nahm deshalb seine Zuflucht zur Phantasie und dachte sich alles Bestehende aus 4 Elementen: Wasser, Feuer, Luft und Erde zusammengesetzt. Allen Erd- und Gesteinarten lag, nach der Meinung der alten Naturforscher, ein und dieselbe jungfräuliche Erde zu Grunde und es bedürfe nur des rechten Geschicks, glaubte man, um aus derselben die verschiedensten Edelsteine und Metalle, gewöhnlichere Gesteine und Erden herzustellen. Aus jenen Versuchen der Alchemie ging die Chemie hervor, die als schnellreifende verständige Tochter die Irrthümer der Mutter bald abstreifte. Sie erlangte im Verlaufe eines Jahrhunderts eine außerordentliche Bedeutung und gehört gegenwärtig ohne Zweifel zu denjenigen Zweigen des menschlichen Wissens, welche auf den materiellen Wohlstand und die geistige Entwicklung den allererheblichsten Einfluß äußern. Die Jünger dieser Wissenschaft haben die Anzahl der Elementarstoffe, welche die Erde zusammensetzen, rein dargestellt und bis jetzt drei und sechzig solcher Körper erkannt. Es ist möglich, daß viele dieser jetzt für einfach gehaltener Stoffe späterer Kunst sich noch als zusammengesetzte erweisen; es ist ferner möglich, daß mehrere einen Grundstoff gemeinsam haben; wir sind aber gezwungen, uns an das zu halten, was gegenwärtig als sicher erkannt vorliegt; wir dürfen den Boden der Erfahrung nicht verlassen.

Die 63 Elemente sind sämmtlich für das Bestehen des Erdkörpers nothwendig. Ob sie zu jeder Zeit in dem jetzt gewählten Mischungsverhältnisse daran Antheil hatten, ist selbstverständlich nicht mit Gewißheit zu erforschen, dennoch deuten viele an dem Baue fossiler Pflanzen und Thiere, an der Zusammensetzung älterer und jüngerer Gesteine erworbene Erfahrungen darauf hin, daß dieses Mischungsverhältniß im Verlaufe Jahrtausender von Jahrtausenden nicht wesentlich abgeändert worden sein kann.

Wenn der unendliche Raum, in welchem der Erdball, umgeben von seiner Atmosphäre, schwebt, mit einem Stoffe erfüllt ist, dessen Vorhandensein durch die Verkürzungen in den Bahnen der Kometen zur überzeugenden Gewißheit wird, so dürfte die Erdatmosphäre in einem ähnlichen Austauschverhältnisse zu ihm stehen, wie die tropfbarflüssige Umhüllung der Erdfeste, das Meer und die Seen, zu der irdischen Luft. Die Erde empfängt aus dem Weltenraume allerdings von Zeit zu Zeit feste Stoffe in der Form von Meteorsteinen; da aber diese nur solche Elemente enthalten, welche uns als Bestandtheile des Erdkörpers bekannt sind, so schließen wir daraus, daß wenigstens die unserm Sonnensysteme angehörigen Weltkörper aus gleicher Substanz gebildet sind, wie die Erde. Von den 63 Elementen betheiligen sich der Masse nach einige vorherrschend an der Erdzusammensetzung, andere sind zwar nur in geringen Mengen, aber allgemein verbreitet, die übrigen sind bis jetzt nur an wenigen Oertlichkeiten der Oberfläche, auf engen Raum beschränkt, nachgewiesen.

Zu den als Mischungstheile der Erdrinde in größter Menge überall vorkommenden gehören: 1. Sauerstoff, 2. Wasserstoff, 3. Kiesel (Silicium), 4. Kohlenstoff, 5. Schwefel, 6. Chlor, 7. Kalcium, 8. Magnesium, 9. Aluminium, 10. Natrium, 11. Kalium, 12. Eisen. Zu den sehr verbreiteten, aber in geringern Quantitäten als Bestandtheil der Gesteine auftretenden, gehören: 13. Stickstoff, 14. Phosphor, 15. Jod, 16. Barium, 17. Strontium, 18. Arsen, 19. Titan, 20. Gold, 21. Blei, 22. Silber, 23. Zink, 24. Mangan, 25. Zirkonium, 26. Nickel, 27. Kupfer.

Als Seltenheiten von nur örtlicher Verbreitung sind zu nennen: 28. Brom, 29. Fluor, 30. Bor, 31. Lithium, 32. Beryllium, 33. Yttrium, 34. Thorium, 35. Selen, 36. Tellur, 37. Chrom, 38. Vanadium, 39. Molybdän, 40. Wolfram, 41. Antimon, 42. Tantal, 43. Platin, 44. Palladium, 45. Osmium, 46. Iridium, 47. Rhodium, 48. Quecksilber, 49. Uran, 50. Wismuth, 51. Kadmium, 52. Kobalt, 53. Cerium, 54. Lanthom, 55. Zinn, 56. Erbium, 57. Terbium, 58. Pelopium, 59. Norium, 60. Didym, 61. Niobium, 62. Ruthenium, 63. Ilmenium.

Chemisch rein kommt fast kein elementarer Stoff in den Erdschichten vor, in der Regel sind mehrere zu Verbindungen vereinigt. Unter diesen Verbindungen herrschen die eines oder mehrerer Elemente mit Sauerstoff vor, so daß dieser letztere dem Gewichte nach der verbreitetste Stoff in der festen Erdrinde ist.

Die folgenden Beispiele mögen darüber Nachweis geben:

Die Kieselerde setzt als Quarz allein oder doch vorherrschend sehr mächtige und ganze Erdstriche bedeckende Gebirgstöcke zusammen und fehlt in keinem Felsgesteine. Sie enthält in 100 Theilen $48._{04}$ Kiesel und $51._{96}$ Sauerstoff.

Der Thon ist nächst dem Quarze sehr verbreitet, fast immer mit ihm vergesellschaftet. 100 Theile enthalten: $55._{71}$ do. $2._{22}$ Wasserstoff, $20._{25}$ Aluminium und $21._{82}$ Kiesel.

Das Wasser, welches das Meer, die Eisberge, die Flüsse und Seen bildet und nirgends in der Erdrinde fehlt, besteht in 100 Theilen aus $11._{09}$ Wasserstoff und $88._{91}$ do.

Das Eisenoxyd enthält in 100 Theilen $69._{34}$ Eisen und $30._{66}$ do.

Die kohlensaure Kalkerde enthält in 100 Theilen $12._{09}$ Kohlenstoff, $40._{48}$ Kalcium und $47._{43}$ do.

Die kohlensaure Bittererde enthält in 100 Theilen $14._{29}$ Kohlenstoff, $29._{61}$ Magnesium und $56._{10}$ do.

Der Gyps enthält in 100 Theilen $18._{59}$ Schwefel, $2._{31}$ Wasserstoff, $23._{66}$ Kalcium und $55._{44}$ do.

Es ergiebt sich hieraus, daß der Sauerstoff dem Gewichte nach mehr als die Hälfte der Erdrinde ausmacht. Auch im Thier- und Pflanzenreiche ist er in großer Menge enthalten und bildet einen wesentlichen Bestandtheil der Luft. Wir können daraus schließen, daß die Erde wenigstens in ihrer äußern Rinde ein oxydirter, d. h. aus Sauerstoffverbindungen bestehender Körper sei, und dadurch unterscheidet sie sich wesentlich von vielen Meteorsteinen, welche nur sehr wenig Sauerstoff enthalten und fast nur aus metallischem Eisen bestehen.

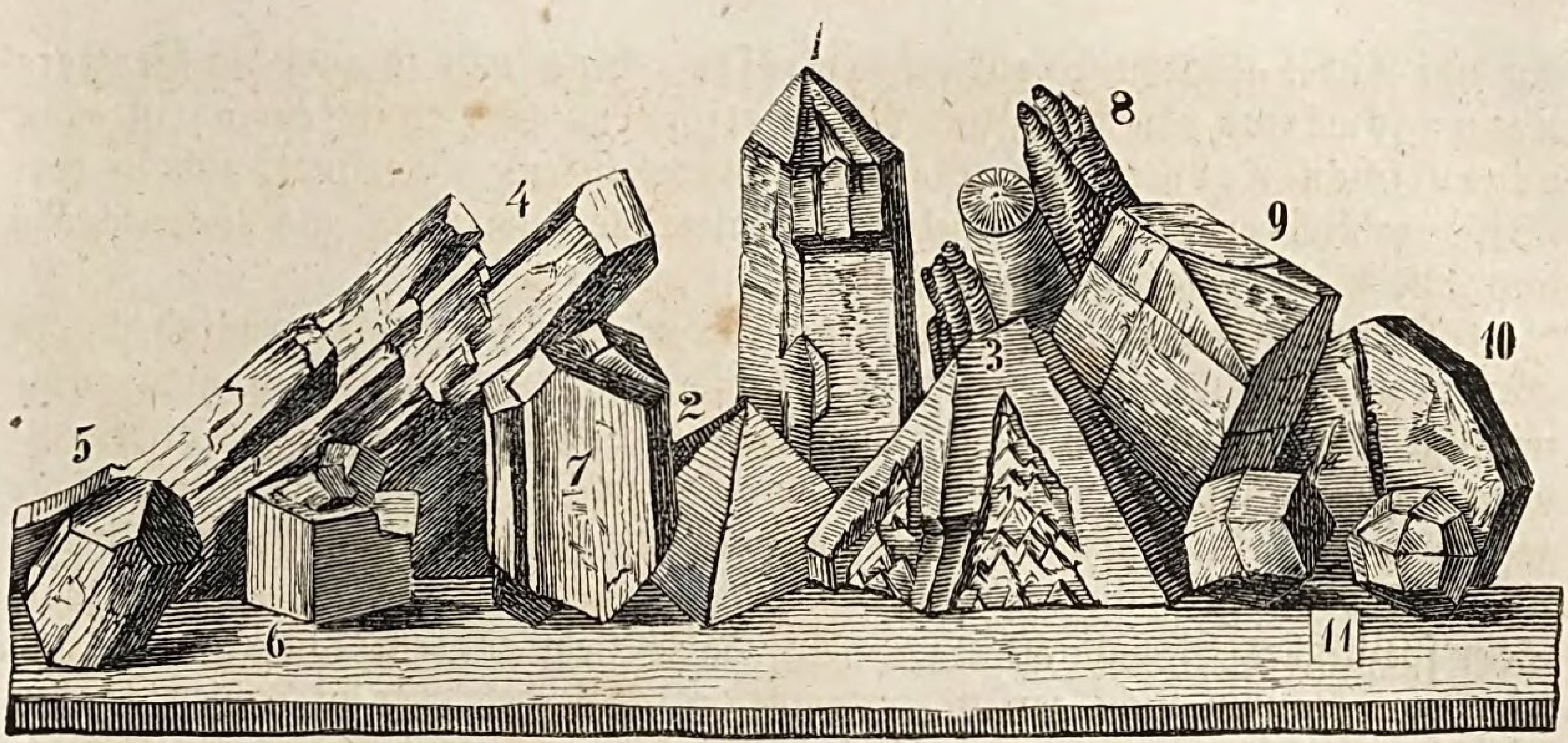


Fig. 3. Krystallformen: 1 Quarz in Säulenform; 2 u. 3 Quarz in Pyramiden; 4 Schwerspath; 5 Augit; 6 Schwefelkies; 7 Orthoklas-Zwilling; 8 Brauneisensteinstalaktit; 9 Kalkspath; 10 Glimmer 11 zwei Granaten.

II. Die Mineral-Bestandtheile der Gesteine.

Die Gesteine, Gebirgsarten und Felsmassen bestehen nur ausnahmsweise aus einem einzigen Mineral; in der Regel finden sich mehrere darin vereinigt. Es ist nothwendig, sich mit den Namen und Haupteigenschaften der vorzüglichsten dieser Mineralien bekannt zu machen, wenn man ihre Bedeutung für das Leben der Erde verstehen will. Viele von ihnen treten in regelmäßigen Krystallformen auf, von denen das Anfangsbild dieses Abschnittes uns einige der auffallendsten vorführt. Außerdem berücksichtigen wir bei den Gesteinen ihr Gewicht im Verhältniß zum Wasser (spezifisches Gewicht), ihre stoffliche Zusammensetzung, ihre Härte, Färbung oder sonstiges Verhalten gegen das Licht, ihre Lösungsfähigkeit in Wasser und bei einzelnen noch besondere Beziehungen zum Magnetismus u. s. w.

Wir geben in Nachstehendem unsern Lesern eine Uebersicht der wichtigsten Gesteine und fügen eine kurze Angabe ihrer vorzüglichsten Merkmale hinzu:

Quarz ist reine Kieselerde, gewöhnlich weiß oder von heller, röthlicher, gelber, grauer Färbung. Ist er glashell, so wird er Bergkrystall genannt. Er ist hart und giebt am Stahle Funken. Vor den gewöhnlichen Flammen des Löthrohrs schmilzt er nicht und spaltet vor dem Meisel nicht nach bestimmten Spaltflächen. Je nach den verschiedenen Färbungen, welche er annimmt, wird er Kalzedon, Opal, Karniol, Amethyst, Achat, Feuerstein genannt.

Die Abbildung Fig. 4 stellt eine Achatgeode dar, bei welcher die beim Quarze sehr oft vorkommende Schalenstruktur in ausgezeichneter Weise sichtbar wird. Das spezifische Gewicht des Quarzes ist $2._{65}$. Seine Zusammensetzung gaben wir bereits S. 16 an.

Der Quarz findet sich theils in seiner eigenen Krystallform als sechsseitige Säule mit sechsseitiger Zuspitzung, theils nimmt er die Form anderer Mineralien

ein und bildet alsdann Pseudomorphosen, theils tritt er auch als Versteinerungsmittel von Holz und Muschelschalen auf, theils endlich ist er in organischen Formen als Kieselguhr vorhanden. Er findet sich in dem Wasser zahlreicher Quellen aufgelöst, weshalb viele Quarzsteine als Niederschläge aus dem Wasser angesehen werden können.

Feldspath oder **Orthoklas** ist entweder weiß, oder fleischroth, grünlich, braun oder grau. An den Kanten ist er durchscheinend und spaltet in nicht rechtwinklige Säulen; auf den Spaltungsflächen zeigt er sich glänzend. Er bildet entweder rechtwinklig prismatische oder platte Krystalle, welche einer in die Länge gezogenen sechsseitigen Tafel gleichen; mitunter ist er als Zwillingskrystall (vergl. Abbild. 7 der Fig. 3) in den Gesteinen eingewachsen. Er ist schwer schmelzbar. Sein spezifisches Gewicht ist $2._{54}$. An Härte steht er dem Quarz nach; und wird von Säuren nicht zersetzt. Kommt er wasserhell oder in bunten Farben spielend vor, wie dies in norwegischen und alpinischen Felsmassen der Fall ist, so bezeichnet man ihn mit dem besonderen Namen Adular; ist er glasig und dabei stark zerklüftet, so nennt man ihn Sanidin, und wenn er in gewöhnlichen dichten Formen vorkommt, wird er schlechtweg Feldstein genannt. Der Feldspath bildet für sich allein oder im Gemenge mit Quarz und andern Mineralien Felsmassen; er ist in manchen Kalksteinen der Alpen und Vogesen in zahlreichen Krystallen eingesprengt und findet sich selbst in den Räumen, welche vor ihm durch organische Wesen und Stoffe eingenommen waren, angesiedelt. Bischoff, Volger und Daubrée haben nachgewiesen, wie er unter Beihülfe des Wassers in den Gesteinen entsteht.

Er ist zusammengesetzt aus $65._{21}$ Kieselerde, $18._{14}$ Thonerde und $16._{65}$ Kali, oder: $17._{64}$ Silicium, $9._{67}$ Aluminium, $13._{83}$ Kalium und $58._{86}$ Sauerstoff.

Oligoklas. Dies ist ein weißes, grünliches, seltener fleischrothes Mineral, welches sich durchscheinend, glasglänzend, fast fettglänzend zeigt, leicht in Säulen spaltet und dann Kantenwinkel von 86° 15′ und 93° 15′ zeigt. Auf den Säulenflächen wird oft eine Reifung in der Längsrichtung sichtbar. Der Oligoklas ist leichter schmelzbar als Feldspath, sein spezifisches Gewicht ist $2._{6}$ bis $2._{7}$; Säuren widersteht er. Er kommt mit Orthoklas in vielen Gesteinen vereinigt vor und besteht aus $63._{7}$ Kieselerde, $24._{5}$ Thonerde, $10._{0}$ Natron und $1._{8}$ Kali oder: $17._{22}$ Silicium, $13._{06}$ Aluminium, $7._{44}$ Natrium, $1._{50}$ Kalium und $60._{78}$ Sauerstoff.

Albit ist weiß, seltener gelb, roth, grau oder grün, dabei durchscheinend. Er spaltet zu 4seitigen Prismen, deren Kantenwinkel 86° 10′ und 93° 50′ messen. Die Hauptspaltungsfläche ist vertikal gestreift. Gewöhnlich tritt er als Zwillingsbildung auf, welche sich auf dem Querbruche durch einen einspringenden Winkel kenntlich macht. Er ist leicht schmelzbar, sein spezifisches Gewicht beträgt $2._{63}$ und von Säuren wird er nicht angegriffen. Er kommt seltener vor als die beiden vorhergehenden Feldspathe und dann gewöhnlich mit denselben vergesellschaftet, in umgewandelten Gesteinen, auch an Kalkstein und auf Kalkspath, als sekundäres Gebilde.

Sein chemischer Bestand erweist $69._{09}$ Kieselerde, $19._{21}$ Thonerde, $11._{70}$ Natron oder: $18._{69}$ Silicium, $10._{24}$ Aluminium, $8._{71}$ Natrium und $62._{36}$ Sauerstoff.

Mit Quarz innig gemengter Albit wird Adinole genannt; er bildet häufig die als Hornstein und Kieselschiefer bezeichneten Gesteine und dient als Versteinerungsmittel für organische Reste.

Labradorit ist grau mit einem Schein ins Röthliche und Grünliche, selten ist er rein weiß, oft spielt er in bunten Farben und zeigt dabei Metallglanz. Sein Glanz hält die Mitte zwischen Glasglanz und Fettglanz. In Krystallform kommt er nur selten vor, gewöhnlich ist er nur derb. Mitunter erscheint er jedoch in Zwillingskrystallen, deren Spaltungsflächen liniirt sind. Er schmilzt leichter als alle andern Feldspathe und wird von Salzsäure zersetzt. Sein spezifisches Gewicht ist $2._{67}$. Er findet sich mit Pyroxen vereinigt sehr häufig in Felsmassen und ist auch in manchen Meteorsteinen angetroffen worden.

Die chemischen Bestandtheile des Labradorits sind: Kieselerde $54._{66}$, Thonerde $27._{87}$, Natron $5._{46}$, Kalkerde $12._{01}$ oder $26._{26}$ Silicium, $14._{85}$ Aluminium, $4._{04}$ Natrium, $8._{64}$ Kalcium, $46._{22}$ Sauerstoff.

In manchen Labradoriten ist etwas Kali, Talkerde, Eisenoxydul, selbst Wasser gefunden worden. Der Saussürit, ein unkrystallisirbarer, dem Labradorit nahe stehender und ihn in manchen Gesteinen vertretender Feldspath, scheint durch andere Mineralien verunreinigt zu sein.

Pyroxen. Unter diesem Namen werden eine Reihe von Mineralien zusammengefaßt, in denen Kieselerde mit Kalk-, Talk- und Thonerde, mit Natron, Eisen- und Manganoxyd in mehr gleichen Gewichtsverhältnissen als bei den Feldspathen vorkömmt. Das verbreitetste und wichtigste Mineral dieser Reihe ist:

der Augit. Er erscheint sammet- bis rabenschwarz, ist fettglänzend bis glasglänzend, mit einem deutlichen Blätterdurchgange und zwei undeutlichen, daher meist blättrig. Sein spezifisches Gewicht ist $3._{3}$. Er findet sich als Bestandtheil von Laven und unter den Auswürflingen der thätigen Feuerberge, auch in allen ältern Laven, z. B. in Basalt, Dolerit, Augitporphyr u. s. w., und bildet einen Hauptbestandtheil derselben. In Fig. 3 bezeichnet 5 die gewöhnliche Krystallform des Augites. Seine chemische Zusammensetzung zeigt $52._{72}$ Kieselerde, $23._{81}$ Kalkerde, $8._{50}$ Talkerde, $9._{87}$ Eisenoxydul, $5._{10}$ Thonerde oder: $14._{26}$ Silicium, $17._{12}$ Kalcium, $5._{61}$ Magnesium, $7._{24}$ Eisen, $2._{72}$ Aluminium und $53._{05}$ Sauerstoff.

Andere Pyroxene, als Wollastonit (kieselsaurer Kalk), Diopsid (kieselsaure Kalk-Talkerde), Malakolith (kieselsaures Kalk-Talkerde-Eisenoxydul), Hypersthen, Bronzit, Diallage, Diaklas, Amianth, enthalten sämmtlich etwas Wasser und finden sich unter solchen Umständen, daß sie als sekundäre Erzeugnisse, d. h. als Umwandlungen anderer Gesteine unter Beihülfe des Wassers angesehen werden müssen, wie weiter unten gezeigt werden wird.

Amphibol. Unter diesem Namen wird ebenfalls eine Reihe von nahe verwandten Mineralien zusammengefaßt, welche in chemischer Beziehung dem Pyroxen sehr nahe stehen und öfters mit demselben vergesellschaftet sind. Der verbreitetste Amphibol ist:

die Hornblende, eine grünlich-schwarze, in Säulen krystallisirende Mineralsubstanz von blättriger, fasriger und strahliger Struktur. Sie hat ein spezifisches

Gewicht von $3._2$ und ist leicht schmelzbar. Die Hornblende kommt vor als Hauptbestandtheil einiger selteneren Gesteine, als Gemengtheil des Syenites und Grünschiefers, solcher Gesteine, welche nach den neuesten Untersuchungen als umgewandelte (metamorphosirte) angesehen werden. Es ist deshalb dieses Mineral nicht als ein ursprünglich entstandenes zu betrachten. Die chemische Zusammensetzung der Hornblende steht der des Augites sehr nahe, erstere zeigt aber etwas weniger Kieselerde und Eisenoxydul, dagegen etwas mehr Thonerde.

Besonders häufig, namentlich in umgewandelten Kalksteinen, kommen noch vor der Grammatit, der Strahlstein und der Asbest.

Peridot ist die Bezeichnung für eine ganze Reihe von Mineralien, unter denen der Olivin für die Geologie das wichtigste ist. Derselbe ist grün, wie Bouteillenglas, unschmelzbar, aber durch Säuren zerlegbar, und kommt fast nur in Körnern und Knollen in den Laven und dem Basalte vor, ebenso auch in Meteorsteinen. Sonst ist er selten. Seine chemische Constitution weist $38._0$ Kieselerde, $32._6$ Talkerde, $29._{40}$ etwas nickelhaltiges Eisenoxydul nach, oder besteht aus: $10._{28}$ Silicium, $19,_{99}$ Magnesium, $22._{71}$ Eisen und $47._{02}$ Sauerstoff.

Der Serpentin erscheint als ein 12 bis 15 Procent Wasser enthaltender, umgewandelter Olivin, dessen Krystallformen er zuweilen noch beibehalten hat. Er ist ein grünlicher, wachsartig glänzender, fettig anzufühlender Körper, welcher nur einen sehr kleinen Theil von der Felsart bildet, die den Namen Serpentin trägt.

Glimmer ist ein blättriges, durchsichtiges, stark, fast metallisch glänzendes Mineral von weißer, brauner, grünlicher oder röthlicher Farbe. Er kommt gewöhnlich nur in dünnen Schüppchen in den Gesteinen vor, ist aber dabei außerordentlich verbreitet, obgleich er der Masse nach im Verhältniß zu den Felsarten, die er begleitet, sehr zurücktritt. Im Granit, Gneus, Glimmerschiefer bildet er einen wesentlichen Bestandtheil; in Thonschiefern und Sandsteinen ist er ebenfalls sehr häufig. Seine chemische Zusammensetzung ist außerordentlich wechselnd, was darauf hinweist, daß er ein sekundäres Erzeugniß ist. Kieselerde enthält er von 36—48 Proc., Thonerde von 25—36 Proc.; ferner Kali 5—9 Proc., dann wechselnde Mengen von Eisenoxyd, Talkerde, Flußsäure und immer etwas Wasser.

Eine Unterart des Glimmers ist der Rubellanglimmer, welcher viel Talkerde enthält, eine andere der Serizit; beide sind durch Säuren zersetzbar. Abbild. 10 in Fig. 3 giebt die blättrige Form eines Glimmerkrystalles aus dem Granit.

Der **Talk** ist grünlich, in biegsame Blättchen spaltbar und nur schwer schmelzend. Er fühlt sich fettig an und bildet einen Bestandtheil mancher metamorphosirten Gesteine. Er enthält außer etwas Wasser 69 Proc. Kieselerde und 30 Proc. Talkerde.

Der Speckstein ist eine Talkart.

Chlorit. Unter diesem Namen sind eine große Menge grüner, schuppiger Mineralien vereinigt worden, welche wie der Glimmer und Talk als sekundäre Bildungen angesehen werden müssen. Sie bestehen alle aus 40—56 Proc. Kiesel-

erde, etwas Thonerde, 17—28 Proc. Eisenoxydul, Kali und Natron, Talkerde und 4—12 Proc. Wasser. Sehr viele Gesteine verdanken ihre grünliche Farbe der Beimengung einer solchen Substanz.

Zeolith. Dieser Gesammtname bezeichnet eine Reihe wasserhaltiger Verbindungen von Kieselerde mit Kalkerde, Kali, Natron u. s. w., welche auf Drusenräumen und Gängen in verschiedenen Felsarten vorkommen. Alle werden durch Säuren zerlegt. Ihr häufiges Erscheinen in Basalten und älteren Lavaarten hatte die Meinung hervorgerufen, als ob sie feuerflüssigen Ursprungs seien; nachdem aber einige dieser Mineralien im Absatz von Quellen, andere angesiedelt auf Kalkspath und Braunkohle entdeckt worden sind, müssen sie für sekundäre Bildungen, vermittelt durch den Erdchemismus, gehalten werden. Die wichtigsten Zeolithe sind: Apophyllit, weiß und röthlich; Stilbit von verschiedenen Farben, blättrig; Desmin; Mesotyp, weiß, in vierseitigen Säulchen krystallisirt; Analzim, in Trapezoëderform, röthlich; Chabazit, in Rhomboëdern, weiß; Laumontit, blättrig, leicht zu weißem Mehl zerfallend; Harmotom oder Kreuzstein, weiß, sehr oft in kreuzförmigen Zwillingskrystallen u. s. w.

Granat. So werden verschiedene wasserfreie Kieselverbindungen genannt, in denen Thonerde beständig, Kalkerde, Talkerde, Eisenoxyd, Manganoxyd, Chromsäure in wechselnder Menge vorhanden sind. Alle Granate sind roth, grün oder schwarz gefärbt, in Körner oder Rhombendodekaëder geformt und vor dem Löthrohr schmelzbar. Sie kommen als Nebenbestandtheile in vielen metamorphosirten Gesteinen als Produkte des Erdchemismus vor. In Fig. 3 sind unter Abbild. 11 zwei Krystallformen des Granates dargestellt.

Idokras und **Epidot** sind ähnliche Kieselverbindungen (Silikate) und gewöhnlich mit den Granaten vergesellschaftet.

Der **Kalkstein** ist weißgrau, gelb, röthlich oder schwarz, dabei entweder dicht, krystallinisch (als Marmor) oder erdig (als Kreide). Er ist in Säuren unter Aufbrausen löslich. Als Gebirgsmasse tritt er entweder für sich allein auf oder bildet in vielen Gesteinen einen Gemengantheil, der oft auf Drusen ausgeschieden erscheint. Fast stets ergiebt er sich als ein Niederschlag aus Wasser. Der chemische Bestand, Kohlensäure und Kalkerde, ist oben schon mitgetheilt. Abbild. 9 in Fig. 3 stellt ein rhomboëdrisches Spaltungsstück von Kalkspath mit einer abgestumpften Ecke dar.

Der **Dolomit** ist weiß, gelb, krystallinisch- und zuckerkörnig bis loskörnig. In erhitzter Säure löst er sich unter Brausen auf. Er besteht aus kohlensaurer Kalk- und Bittererde und bildet für sich Gebirgslager. Er krystallisirt in Rhomboëderform.

Der **Gyps** ist weiß oder grau gefärbt, erdig dicht, fasrig, zuweilen auch spathig und durchsichtig (Marienglas), weich, in Wasser löslich. Er bildet Gebirgslager und besteht aus gewässerter schwefelsaurer Kalkerde, deren Mischung oben (S. 16) schon angeführt ist. Der Anhydrit ist wasserfreier, schwefelsaurer Kalk, ein weißes oder graues spathiges Mineral, welches oft im Innern der Gypslager steckt.

Das **Steinsalz** (Kochsalz) ist weiß, mitunter auch roth, fasrig und in Würfeln krystallisirt; es löst sich in Wasser auf und macht sich durch seinen bekannten Geschmack kenntlich. In starker Hitze sublimirt es. Es kommt vor als ein Bestandtheil des Meerwassers; außerdem in besondern bedeutenden Lagern, seltener als Auswürfling der Vulkane. Seine chemische Zusammensetzung ist $60._{34}$ Chlor, $39._{66}$ Natrium.

Der **Schwerspath** ist weiß, blättrig, in Tafeln krystallisirend, oft wasserhell, schwer, nicht hart. Er tritt auf als Gemengtheil von Gesteinen, auf Lagern und Gängen, als Versteinerungsmittel und in Pflanzenformen. Sein chemischer Bestand ist: $34._{37}$ Schwefelsäure und $65._{63}$ Barnterde. Die Abbildung auf S. 17 zeigt unter Nr. 4 eine Krystallgruppe von Schwerspath.

Der **Magneteisenstein** ist schwarz, schwer, dicht bis körnig; in Oktaëdern krystallisirend, magnetisch. Er kommt vor als Bestandtheil vieler Gesteine. Sein chemischer Bestand ist: $71._{78}$ Eisen, $28._{22}$ Sauerstoff.

Der **Rotheisenstein** ist roth oder stahlgrau; sein Strichpulver roth; dabei tritt er auf entweder dicht, schuppig oder erdig und kommt entweder für sich allein auf Lagern oder sehr häufig als färbender Gemengtheil in den Gesteinen vor. Die chemische Mischung ist oben unter Eisenoxyd schon mitgetheilt.

Der **Brauneisenstein** und **Gelbeisenstein** sind braun und gelb, mit eben solchem Strichpulver, dabei dicht, erdig, ockrig. Sie kommen als besondere Lager und als färbender Bestandtheil von Gesteinen vor, und bestehen aus 85 Proc. Eisenoxyd mit 15 Proc. Wasser (Eisenoxydhydrat). In der Abbildung auf S. 17 giebt Nr. 8 einige zapfenförmige Gestalten (Stalaktiten) dieses Minerales. Solche Salaktiten sind gewöhnlich fasrig.

Der **Spatheisenstein** oder **Sphärosiderit** ist weiß, honiggelb oder schwarz, kommt vor in Rhomboëdern oder in Kugeln, löst sich in erhitzten Säuren mit Brausen auf und wird durch Glühen schwarz und dem Magnete folgsam. Er bildet einen Bestandtheil vieler Gesteine, und findet sich eben so häufig auf Gängen und in Lagern, wie als Versteinerungsmittel. Stets zeigt er sich als Absatz aus Wasser. Sein chemischer Bestand ist: Kohlensäure $37._{94}$, Eisenoxydul $62._{06}$.

Der **Schwefelkies** ist hellgelb, metallglänzend; er kommt in Würfeln, in Nadeln, in Kugeln vor und fällt durch sein ansehnliches Gewicht auf. Auf der Abbildung auf S. 17 stellt Nr. 6 eine Gruppe von Schwefelkieswürfeln dar. Beim Glühen entzündet er sich und brennt unter Schwefelgeruch mit blauer Flamme. Der zurückbleibende Abbrand ist roth und schmeckt vitriolisch. Die in Nadeln und fasrig vorkommende Varietät wird Wasserkies genannt; sie verwittert leicht zu Eisenvitriol und ist die Veranlassung zur Selbstentzündung von Stein- und Braunkohlenlagern. Der Schwefelkies bildet Lager für sich und ist außerdem den meisten Gesteinen beigemengt; ebenso kommt er auch als Versteinerungsmittel von Thieren und Pflanzen vor und erweist sich hierdurch als ein Niederschlag aus Wasser. Chemischer Bestand: $45._{74}$ Eisen, $54._{26}$ Schwefel. Er ist zuweilen gold- und nickelhaltig.

Der **Kupferkies** ist entweder dunkelgelb oder messinggelb und glänzt me-

tallisch. Er kommt derb und in Tetraëdern vor, entzündet sich beim Glühen und riecht dabei nach Schwefel; der Rückstand ist braun und giebt, wenn man ihn mit Salzsäure und Alkohol befeuchtet und letztern anzündet, der Flamme eine grüne Färbung. Er kommt wie der Schwefelkies und in dessen Begleitung als Bestandtheil von Gebirgslagern und Gängen, in Formen von Thieren und Pflanzen als Versteinerungsmittel, oft auch mit andern Kupfererzen, besonders auch mit grünem Malachit und blauer Kupferlasur vereinigt vor. Er ist das wichtigste Kupfererz. Sein chemischer Bestand ist $34._{81}$ Kupfer, $29._{82}$ Eisen, $35._{37}$ Schwefel.

Der **Bleiglanz** ist bleigrau, metallisch glänzend; er spaltet sich in Würfel, ist derb, körnig und schwer. Sehr oft ist er den Gesteinen in Körnern beigemengt, auch auf Lagern und Gängen; nicht selten als Versteinerungsmittel nach organischen Formen. Er ist das wichtigste Bleierz und enthält gewöhnlich geringe Mengen Silber. Sein chemischer Bestand ist $86._{55}$ Blei, $13._{45}$ Schwefel.

Die **Zinkblende** hat eine braune oder gelbe Färbung; sie ist blättrig, stark glasglänzend und in dünnen Splittern durchscheinend. Sie kommt vor auf Gängen und besonderen Lagern, auch als Versteinerungsmittel von organischen Resten. Im Bergwesen wird sie als ein sehr wichtiges Zinkerz geschätzt, wie auch ihr chemischer Bestand zeigt, der $66._{72}$ Zink, $33._{28}$ Schwefel nachweist.

Der **Galmei**, ein anderes Zinkerz, ist kohlensaures Zinkoxyd, welches sehr oft, namentlich in Kalksteinen, als sekundäres Erzeugniß vorkommt und vielleicht aus Zinkblende entstanden ist.

Die Farbe und der Glanz des **Goldes** ist unsern Lesern bekannt, ebenso das bedeutende spezifische Gewicht desselben. Es findet sich in kleinen Körnchen und Blättchen manchen Kieselgesteinen eingewachsen oder lose im Sande, welcher aus deren Zerfallen entstand. Mit ihm verbunden ist oft etwas Silber und Platina.

Die **fossilen Brennstoffe**, welche in den Erdschichten vorkommen, sind immer aus der Verwesung der Pflanzen entstanden und besitzen gewöhnlich noch die Pflanzenstruktur. Je nach dem Aussehen unterscheidet man:

Torf, eine aus Pflanzenmoder, namentlich aus kleinen Wasserpflanzen oder aus Moosen und Flechten bestehende braune, lockere, filzige Masse, worin zuweilen Baumstämme und andere größere Pflanzenreste liegen. Er bildet sich noch heutigen Tages. Je älter er ist, desto mehr nähert er sich der

Braunkohle, welche theils erdig und mulmig, theils holzartig, theils dicht, fest und alsdann oft wachsglänzend erscheint. Sie ist braun bis schwarz, immer aber mit braunem Strichpulver, brennt leicht und riecht bituminös (erdpechartig). Sie hat oft noch das Aussehen von Torf, geht aber auch andererseits allmälig in die

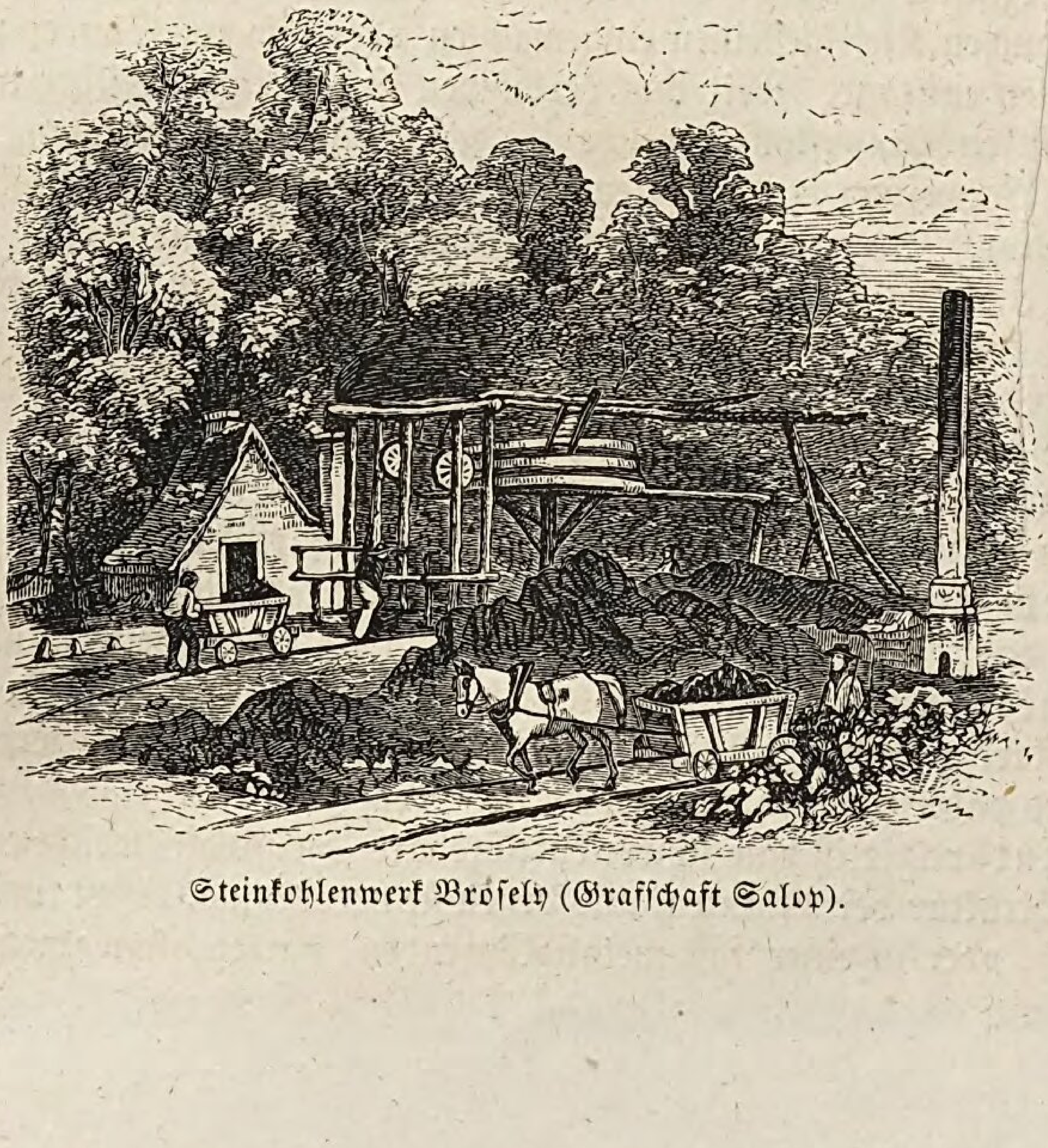
Steinkohle über. Diese Kohlenart ist schwarz und giebt ein schwarzes Pulver, ist stark glänzend, blättrig, sandig, fasrig, bläht sich beim Verbrennen öfter auf und wird dabei zu einer blasigen Masse (Koaks).

Der Anthrazit ist eine schwer entzündbare Steinkohle, welche entweder noch die fasrige Struktur der Pflanzen, aus denen sie hervorging, besitzt (mineralische Holzkohle), oder zu einer fast metallglänzenden, harten, schwarzen Masse verdichtet ist.

Der Graphit ist schwarz, fettig anzufühlen, abfärbend, blättrig oder erdig. Der erdige Graphit ist oft als Beimischung von Gesteinen die Ursache von deren schwarzen Färbung; er ist aus dem Verwesen der Pflanzen hervorgegangen. Die Zusammensetzung der fossilen Brennstoffe ist sehr verschieden und ändert sich mit ihrem Alter. Nachfolgende Beispiele, in welchen der Aschengehalt abgezogen ist, mögen einen Begriff von den in dieser Beziehung bestehenden Hauptunterschieden geben.

	Kohlenstoff.	Wasserstoff.	Sauerstoff.
Graphit	100.00		
Anthrazit	94.89	2.55	2.56
Magere Steinkohle	92.85	3.39	3.19
Fette Steinkohle	89.04	5.23	5.73
Braunkohle	74.19	5.88	20.13
Torf	60.89	6.21	32.90
Asphalt	88.70	9.60	1.70

Asphalt und Bitumen sind Zersetzungsprodukte der Pflanzen- und Thierleichen, sie durchdringen die Gesteine gleichmäßig wie Oel. Sie sind leicht schmelzbar, flüchtig, leicht brennbar, theils ölig (Bergöl, Naphtha), theils fest, von schwärzlich brauner Farbe, die sie den Gesteinen mittheilen; von ihnen durchdrungene Kalksteine riechen beim Reiben und werden Stinkkalk genannt. Aus den bituminösen Gesteinen tretende Quellen enthalten oft Naphtha und sind die Ursache der ewigen Feuer in Oberitalien und Persien.



Steinkohlenwerk Broseley (Grafschaft Salop).



Fig. 4. Achatgeode.

III. Die Hauptgesteine der Erdrinde.

Es nehmen zwar alle chemischen Elemente, welche wir im ersten Abschnitt aufzählten, und alle Steinarten, die wir im zweiten Abschnitt charakterisirten, an der Bildung der festen Erdrinde Theil, unter ihnen herrschen aber einige bedeutend vor den übrigen vor, wie wir bereits mehrfach erwähnten. Ein gleicher Fall findet bei einigen Gebirgsarten oder Gesteinen statt.

Die Gesteine stellen nicht, wie die einfachen Mineralien oder wie Pflanzen und Thiere, bestimmte Spezies oder Gattungen dar, sondern sie sind, als in sehr wechselnden Verhältnissen aus den verschiedenen Stoffen gemischte Massen, vielen Abweichungen unterworfen, weshalb bei ihrer Eintheilung in Arten auch nur für die mittlern Mischungszustände passende Beschreibungen gegeben werden können. Die Gebirgsarten gehen vielfältig in einander über und nehmen oft sehr viele Nebenbestandtheile auf, so daß dadurch vom Hauptgesteine sehr abweichende Varietäten entstehen. Im Folgenden können nur die Hauptformen beschrieben werden.

Wenn an der Zusammensetzung einer Gebirgsart nur eine oder doch vorherrschend eine Mineralspezies Antheil nimmt, so haben wir ein einfaches, nehmen mehrere Mineralien gleichmäßigen Theil an dessen Bildung, ein gemengtes Gestein vor uns. Die Vermengung der Mineralien ist in letzterem Falle entweder deutlich erkennbar, und dann spricht man von einem deutlichen, grob oder fein gemengten Gestein, oder sie ist so innig, daß kein Bestandtheil für sich unterschieden werden kann und das Ganze gleichartig (homogen) erscheint; es ist ein versteckt gemengtes oder innig verwachsenes Gestein. Zur Erkennung der Bestandtheile innig gemengter Gesteine benutzt man entweder die

Loupe, das Mikroskop, oder chemische Aetzmittel, oder das Pulverisiren und Schlämmen, oder die chemische Analyse. Oft gelingt es aber auch, an verwitterten Stücken, welche die Natur selbst geätzt hat, die Mischung zu erkennen.

Die Gesteine nehmen öfters Bestandtheile auf, welche nicht zu den wesentlichen gehören, man nennt diese zufällige oder accessorische oder Nebenbestandtheile. Das Vorkommen der begleitenden (accessorischen) Bestandtheile ist für manche Gesteine sehr bezeichnend, so daß sie als charakteristische Beimengungen angesehen werden können, wie z. B. Olivin im Basalt, Sphen im Syenit, Schörl, Granat und Staurolith im Glimmerschiefer u. s. w. Diese Nebenbestandtheile liegen entweder in Krystallen oder Körnchen in dem Gesteine zerstreut, oder sie sind auch wol auf besondern Räumen, auf Trümmern und Drusen ausgeschieden. Gewöhnlich begleiten sich mehrere derselben, so daß aus dem Vorkommen des einen auf das des andern mit Sicherheit geschlossen werden kann. Die Gesteine schließen außer den accessorischen Bestandtheilen auch noch organische Reste, als Muschelschalen, Korallenbauwerke, Knochen von Wirbelthieren, Pflanzenreste u. s. w. ein, oder sie umhüllen Bruchstücke anderer Gesteine, welche bei ihrer Entstehung in ihre Masse hereingeriethen, wie z. B. die Einschlüsse von Sandstein und andern Gebirgsarten im Basalte und in den Laven.

Bevor wir zu einer Schilderung der wichtigsten Gesteine selbst übergehen, ist es nöthig, daß wir uns mit den gebräuchlichsten technischen Bezeichnungen vertraut machen und unser Auge gleichzeitig an die bestimmte Auffassung der Gesteinformen gewöhnen. Wir wenden unsre Aufmerksamkeit deshalb zuerst auf die

A. Struktur der Gesteine.

Die Struktur, oder das innere Gefüge eines Gesteines, wird wesentlich bedingt durch die Form und Größe, durch die Vertheilung und Verbindung der Bestandtheile desselben.

a. **Krystallinisch** ist die Struktur, wenn die Bestandtheile des Gesteines wesentlich aus Krystallen bestehen, wie in Vignette Fig. 5 der Granit aus Feldspath, Glimmer und Quarz. Liegen die Krystalle fest aneinander, so wird das Gestein ein verwachsen krystallinisches genannt; sind sie in Länge, Dicke und Breite von ziemlich gleichen Dimensionen, so ist es ein krystallinisch körniges; schließen sie dagegen nicht fest aneinander, so ist das Gefüge zuckerkörnig. Wenn die Krystalle tafelförmig sind, so bedingen sie ein schuppiges oder blättriges (lamellares) Gefüge; sind die Schüppchen zu Formen aneinander

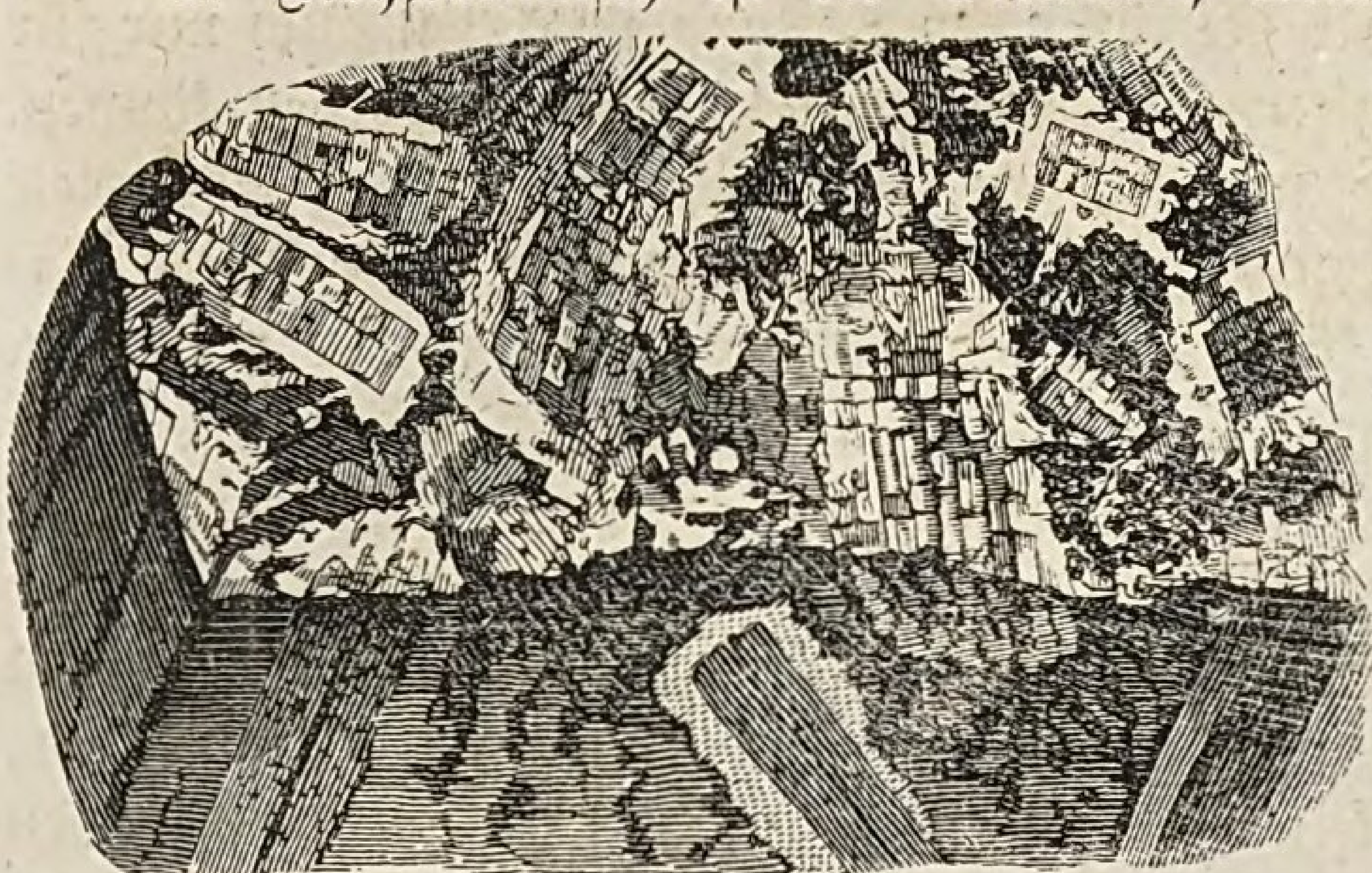


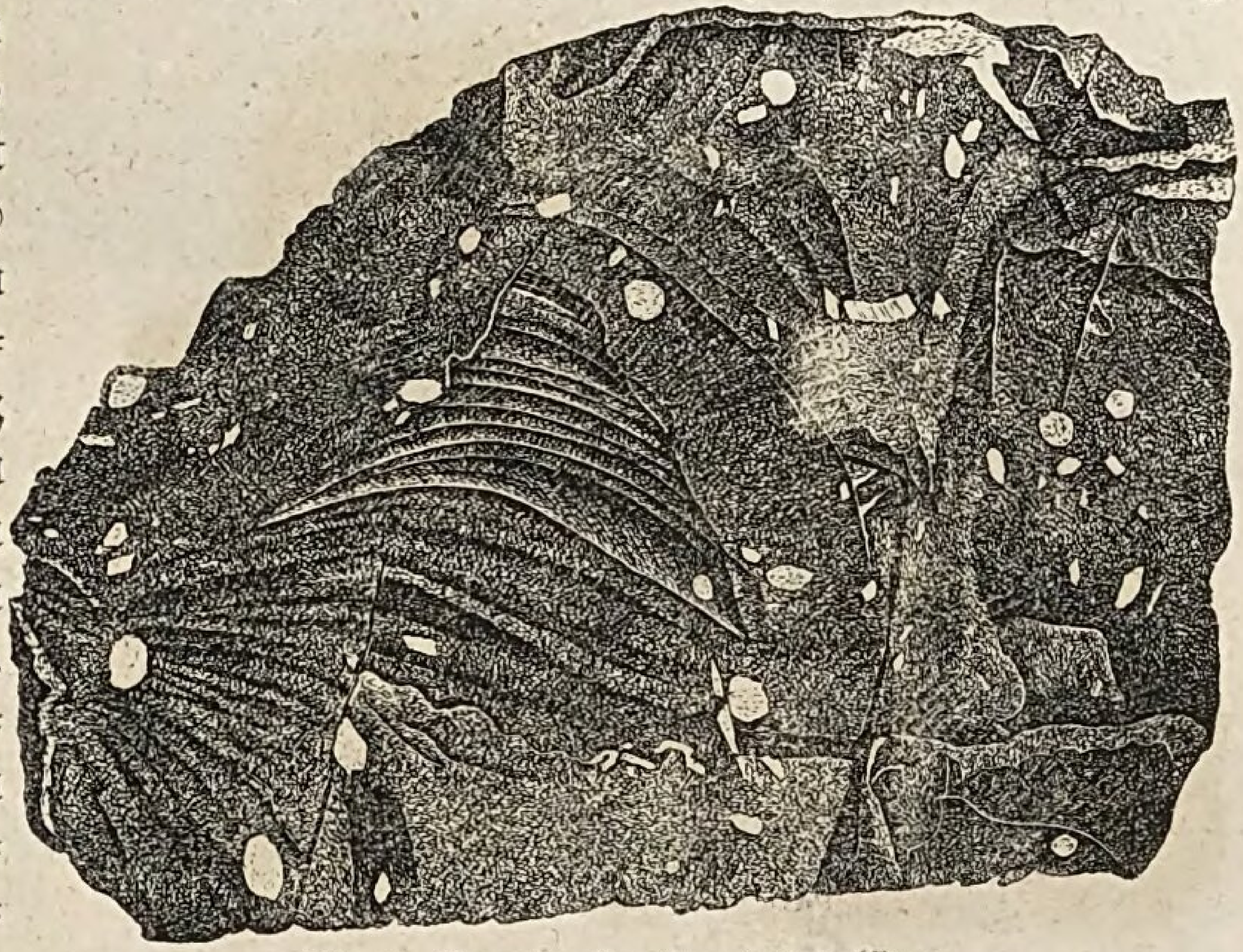
Fig. 5. Krystallinische Struktur des grobkörnigen Granites.

gereiht, die den im Winter an die Fenster anschießenden Eisblumen ähneln, so entsteht die fasrige Struktur; liegen sie um wulstige Massen oder Concretionen, so haben wir die knotig-schiefrige. Säulenförmige Krystalle können parallel stehen und bilden alsdann ein fasriges oder stängliches, oder sie können nach allen Richtungen durcheinander liegen, wodurch ein filzartiges Gefüge entsteht.


Fig. 6. Krystallinische Struktur des feinkörnigen Granites.

b. **Dichte** Gesteine sind solche, deren Bestandtheile so innig mit einander verbunden sind, daß keiner derselben mehr deutlich zu erkennen ist. Amorph (formlos) heißt die Struktur, wenn das Gestein aus einem gallertartigen oder aus dem feuerflüssigen in den festen Zustand übergegangen ist. Bei dichter Struktur kommt häufig eine Schieferung vor, indem die Gesteine in parallele Tafeln spaltbar sind, deren Richtung nicht mit der Schichtung übereinstimmt. Dichte Gesteine können körnige Struktur besitzen, wenn ihre Substanz in eckige Partikeln zertheilt ist.

c. **Poröse** Gesteine werden solche genannt, bei denen zwischen den Gemengtheilen kleine Oeffnungen zurückgeblieben sind. Sind die Oeffnungen eckig, so ist die Struktur zellig; sind sie rundlich und überwiegen sie die Masse der Zwischenwände, so ist sie blasig; schlackig dagegen, wenn die Zwischenwände den runden Blasenräumen an Volum etwa gleichkommen.


Fig. 7. Porphyrstruktur des Felsites.

d. Je nach der Anordnung der eingelagerten (accessorischen) Bestandtheile unterscheiden sich folgende Strukturarten:

Porphyrisch nennt man ein Gestein, bei welchem in einer fein krystallinischen, amorphen oder dichten Grundmasse einzelne rundum ausgebildete Krystalle eines der Haupt- oder Nebenbestandtheile des Gesteines zerstreut eingeknetet eingewachsen liegen. Fig. 7 giebt die Struktur eines Felsitporphyrs, die sechsseitigen Einschlüsse sind Quarzkrystalle, die rhombischen Feldspath.

Amygdaloïdische oder **Mandelstein-Struktur** entsteht, wenn in einer solchen Grundmasse einzelne ei- oder mandelförmige Körner einer anderen Substanz liegen. Sehr oft entstehen die Mandelsteine, indem sich die Blasenräume schlackiger Gesteine nachträglich mit Kalkspath, Zeolith u. s. w. erfüllen.

Variolitische oder **Blatterstein-Struktur** wird hervorgebracht, wenn die Körnchen des accessorischen Bestandtheiles fast kugelrund sind und dicht aneinander gedrängt liegen, so daß die Oberfläche des etwas angewitterten Gesteines das Ansehn hat, als ob sie mit Blatterpusteln bedeckt wäre.

Trümmerig ist ein Gestein, wenn es nach mehreren Richtungen von schmalen in einander verlaufenden scheibenförmigen Platten (Gängen oder Trümmern) eines beiläufigen (accessorischen) oder Hauptbestandtheiles durchzogen ist. Oft erscheinen diese Trümmer weiß auf schwarzem oder dunkelm Grunde, so im Dach-, im Kieselschiefer und in manchen Marmorarten.

e. Die **sphäroïdische** Struktur stellt sich dar, wenn die Bestandtheile in krystallinischer oder dichter Anordnung in kugelförmige oder abgeplattet-kugelförmige (sphäroïdische) Massen gesondert sind. Sind die Kugeln klein, wie Fischroggen oder Mohnsamen, so bezeichnet man das Gestein als Roggenstein oder Oolith; sind sie größer, so nennt man es Erbsenstein. Die Körner beider Gesteinvarietäten sind gewöhnlich concentrisch schalig. Die kugelförmige, kuglig-schalige Struktur erscheint, wenn die Stücke nuß- bis kopfgroß und von noch größern Dimensionen sind.

f. Eine **Conglomerat-Struktur** ist dann vorhanden, wenn Bruchstücke, Rollstücke, Körnchen eines oder mehrerer Gesteine in einem Cemente verkittet liegen.



Fig. 8. Conglomerat-Struktur.

Je nach Form und Größe der verkitteten Bruchstücke unterscheidet man Sandsteine, wenn sich Stücke von der Größe des Mohnsamens, höchstens des Hanfkornes, nebeneinander befinden. Sehr oft bestehen die Körnchen der Sandsteine aus Quarz, zuweilen ist ihnen Glimmer beigemengt, wodurch sie leicht in Sandsteinschiefer, d. h. dünnplattigen Sandstein, übergehen. Die Puddingsteine enthalten in einem amorphen Teige größere oder kleinere Bruchstücke verschiedener Mineralien und Gebirgsarten. Sind diese Bruchstücke eckig, scharfkantig, so wird die Struktur eine breccienartige; sind sie dagegen abgerundet, Rollsteine, wie der Grand der Flüsse, so wird sie eine Conglomerat-Struktur wie Fig. 8.

g. **Erdige lose** oder **lockere** Struktur besitzen alle Gesteine, deren Theile in so geringem Zusammenhange stehen, daß sie abfärben wie der Thon und die Kreide, oder beim Anfassen zerfallen wie Sand und Gerölle.



Fig. 9. Das steinerne Theater zu Weckelsdorf.

B. Die Absonderung der Gesteine.

Die Struktur der Gesteine bedingt nicht immer deren Absonderungsform. Alle größeren Felspartien und Gesteinsmassen zerfallen wieder in kleinere Stücke; die Gesteine besitzen außer der Struktur eine innere Form, d. h. durch deutliche Trennungsflächen sind im Innern derselben bestimmt geformte Stücke abgesondert. Diese innere Gestaltung bezeichnet man als Absonderung, die Trennungsflächen als Absonderungsflächen. Insofern nun die Absonderungsflächen schon bei der Entstehung der Gesteine sich ausbildeten, werden sie Fugen genannt; wenn sie aber späteren im Innern der Felsmassen vorgehenden Ereignissen ihr Dasein verdanken, so werden sie mit dem Namen Klüfte belegt. Eine der gewöhnlichsten Strukturen ist:

a. die **Schichtung**, die sehr häufig dann eintritt, wenn die Gesteine aus einem in Wasser abgesetzten Niederschlage gebildet wurden. Wenn in ein ruhiges Wasserbassin, eine See, ein tiefes Meer durch Flüsse schlammige Theile zugeführt werden, so müssen letztere auf dem Boden zum Absetzen kommen. Es wird dadurch eine dünnere oder stärkere Lage Gestein gebildet, in welcher die gröberen Theilchen zu unterst, die feineren langsamer zu Boden sinkenden zu oberst liegen.

Auf diesem neuen Boden siedeln sich Wasserbewohner, Schnecken, Krebsthiere und Pflänzchen an; es sinken in dem Bassin verwesende Blätter und Holzstückchen nieder; es graben sich im Schlamm lebende Muscheln in den zähen Grund ein; es fallen die Leichen auf dessen Oberfläche. Wenn nun durch Regengüsse die Flüsse wiederholt getrübt werden, so gelangen abermals Schlammtheile in das Bassin, welche sich als eine neue Decke über die erste Lage verbreiten. Da auch in dieser wieder die gröbern Theilchen zu unterst zu liegen kommen, da häufig die Muschel- und Schneckenschalen, Thierleichen, Pflanzenreste, Algen und Wassermoosüberzüge eine Theilung veranlassen, so vereinigt sich die neue Lage nicht so innig mit der ältern, daß nicht eine Trennung sichtbar bliebe. Auf der neuen Lage wiederholen sich dieselben Hergänge wie auf der ältern. Es legen sich so im Laufe der Jahre Lagen über Lagen und endlich erfüllt sich das ganze Bassin mit einem Systeme solcher Gestein- und Erdlagen, welche wie die Blätter eines Buches auf einander folgen. Das Wasserbassin wird durch die zugeführten, auf seinem Grunde sich anhäufenden Stoffe allmälig flacher und flacher; es wird endlich zum Sumpfe, und da in dem Sumpfe andere Pflanzen und Thiere leben als im früheren tiefen Wasser, so enthalten die höheren Lagen in der Regel auch andere Pflanzen- und Thierreste als die tieferen, wobei natürlicher Weise die von außen zugeführten meistentheils dieselben bleiben. Die in solcher Weise übereinander gelegten Gesteinsblätter werden **Schichten** genannt, sie sind vorherrschend nach Länge und Breite ausgedehnt und besitzen eine verhältnißmäßig geringe Dicke. — In letzterer Beziehung finden jedoch vielfache Abweichungen statt, so daß dünn- und dick-schichtige, oder **schiefrige** und **plattige** und in **Bänke** geschichtete Gesteine unterschieden werden.

Sobald ein solches geschichtetes Gestein trocken wird, — sei es, daß es durch sich hebende Unterlage über Wasser heraufgedrängt wird, sei es, daß die Wasser einen andern Lauf nehmen, — so zieht es sich in sich zusammen; es **zerklüftet** durch senkrechte Risse und es stellen sich neue, die Schichtung kreuzende Absonderungen ein. Solche zur Schichtung als **Querabsonderungen** bestehenden Risse setzen entweder durch mehrere Schichten hindurch, oder sie reichen von einer Schichtenfläche zur andern herab. Die durch Schichtung und Querabsonderung gebildeten Theilstücke besitzen prismatische Formen. Stehen deren Seiten senkrecht auf einander, so wird **Quaderform** dargestellt, wovon das Bild am Anfange dieses Abschnittes, die Sandsteinfelsen des sogenannten steinernen Theaters im Thale bei Weckelsdorf, ein schönes Beispiel giebt.

Diese Sandsteinfelsen schichten sich horizontal in starke Bänke, werden außerdem durch unter sich und mit der Schichtungsebene rechtwinklige Klüfte in säulenförmige (prismatische) und würfelige (cubische) Stücke zertheilt; sie werden unter dem Namen Quadersandstein als Baumaterial sehr geschätzt. Auf den durch mehrere Schichtenbänke durchsetzenden Absonderungsklüften drang das Regenwasser, endlich an einzelnen Stellen auch Bachwasser ein und erweiterte sie theilweise zu grotesken Spalten, aus deren Verschlingung das in Fig. 9 dargestellte wilde Felsenthal hervorging.

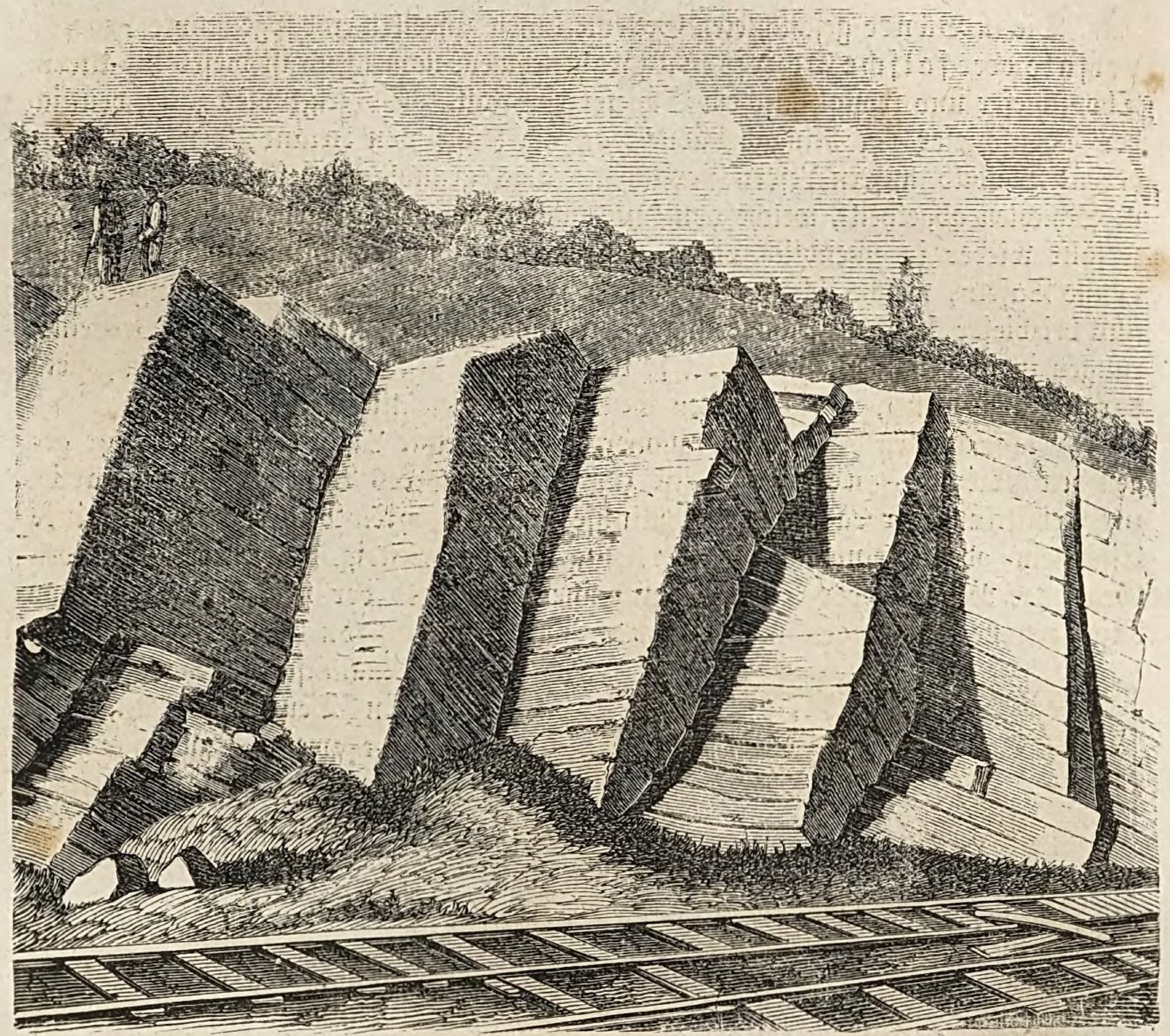


Fig. 10. Absonderung im Kalkstein im Eisenbahndurchschnitt bei Malahide in der Nähe von Dublin.

Wenn die Querabsonderungsflächen in spitzen und stumpfen Winkeln unter sich und mit der Schichtungsebene zusammentreffen, so entsteht die rhomboidale Absonderung, wovon Fig. 10, die Kalksteinfelsen im Eisenbahndurchschnitte bei Malahide in der Nähe von Dublin, ein Bild giebt.

Der dickplattig-geschichtete Kalkstein ist durch Hauptabsonderungen, welche gegen die Schichtung geneigt stehen und mehrere Schichtenbänke durchsetzen, in große schiefprismatische Pfeiler abgetheilt, welche wiederum wie die Pfeiler eines Mauerwerkes aus vielen kleinern, in jeder Schicht dicht nebeneinander liegenden rhomboedrischen Stücken bestehen. Dergleichen Absonderungserscheinungen sind fast in jedem Kalksteinbruche an vielen Kieselschiefer- und Grauwackenfelsen deutlich wahrnehmbar. Die Hauptquerabsonderungen stehen zuweilen mehrere Zolle, ja Fuße weit auseinander und sind alsdann mit allerlei Eindringlingen, mit Kalkspath, Tropfstein, mit Lehm, Thon und Geröll erfüllt; die Nebenabsonderungsflächen bedeckt öfters eine feine, thonige Substanz.

Die in Bänke geschichteten Gesteine lassen zuweilen eine sogenannte transversale oder falsche Schieferung wahrnehmen, namentlich ist dieses bei älterm Thonschiefer und krystallinischem Schiefer der Fall. So zeigt dies z. B. deutlich der Thonschiefer der Ringabellabucht an der Küste von Irland, den das beigegebene Tonbild unsern Lesern vorführt. Das graublaue Gestein jener Küste ist in Schichten abgetheilt, welche von links nach rechts geneigt stehen. Jede Schicht zerfällt wieder in unendlich viele, senkrecht auf die Schichtungsflächen gestellte dünne Tafeln, welche sich zu Dachschiefer spalten lassen. Die Schichtungsebenen sind bei dieser falschen Schieferung öfters schwer zu erkennen; kommen Versteinerungen in solchen Felsmassen vor, so liegen sie der eigentlichen Schichtung stets parallel angeordnet, wodurch deren Bestimmung wesentlich erleichtert wird.

Die Schichten besitzen nicht immer eine wagrechte Lage; sie sind sehr oft gegen den Horizont geneigt. Es ist zur Erkennung des Baues einer Felspartie, zur Ermittlung der Lagerungsverhältnisse eines nutzbaren Minerales, z. B. eines Eisenstein- oder Steinkohlenlagers, wichtig und nothwendig, die Richtung und den Grad der Neigung der Schichten zu kennen, weshalb der praktische Bergmann dazu genaue Messungen mit Kompaß und Gradbogen anstellt. Der bergmännische Kompaß wird in Deutschland allgemein in zweimal zwölf Theile, Stunden genannt, eingetheilt, die Stunden in der Regel wieder in Achtel oder Sechzehntel.

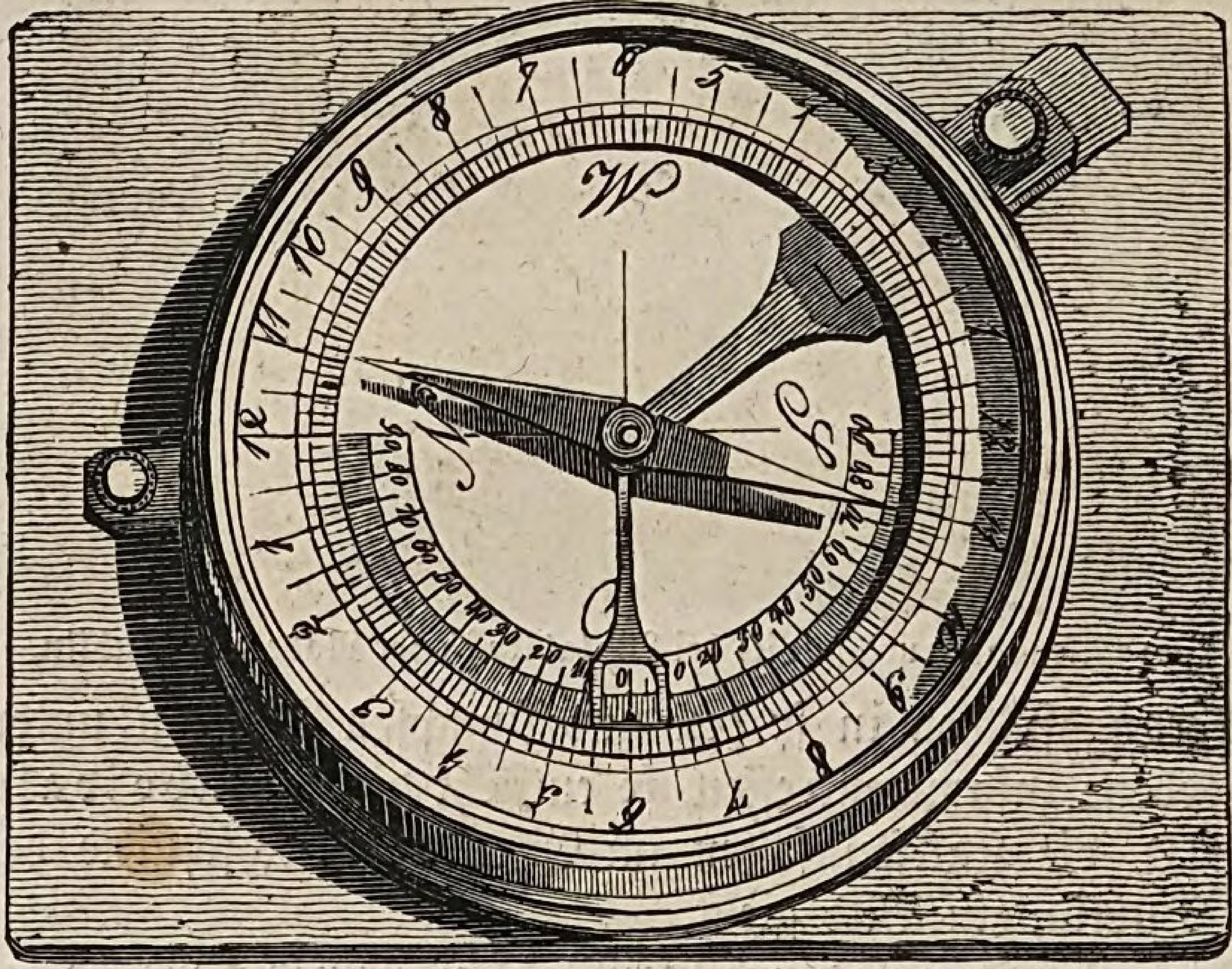


Fig. 11. Bergmännischer Kompaß.

Nebenstehende Zeichnung, Fig. 11, stellt die Eintheilung des Kompasses dar, bei welcher es dem Leser auffallen wird, daß die Weltgegenden Ost und West verwechselt sind. Es ist dieses der Bequemlichkeit halber so eingeführt, weil an der Nordspitze der Magnetnadel abgelesen wird und diese alsdann jedesmal auf die Himmelsgegend hinzeigt, nach der die Schichten sich wenden. Soll die Richtung ermittelt werden, in welcher eine Schicht einfällt, so wird ein hinlänglich großer Theil derselben entblößt, und genau ermittelt, wohin die steilste Steigung stattfindet. In dieser Richtung zieht der Beobachter eine Linie über die Schichtenfläche, auf welche er dann in horizontaler Projektion eine Senkrechte fällt und ebenfalls auf der Schichtenfläche auszieht.

Wird nun die Mittagslinie des Kompasses, das ist die Linie, welche die beiden Punkte 12 durch die Mitte des Kreises mit einander verbindet, auf letztere



Schieferung im grauen Thonschiefer in der Ringabella-Bucht, Grafsch. Cork in Irland.

Buch der Geologie. I. Bd. 2. Aufl. S. 32.   Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.   Leipzig: Verlag von Otto Spamer.



Fig. 12. Absonderung im Granit zu Ballyloo bei Carlow, Irland.

horizontale Linie gelegt, so kann die Abweichung der Magnetnadel, oder mit andern Worten der horizontale Winkel, welchen diese Linie mit dem magnetischen Meridian des Ortes macht, bestimmt werden. Diesen Winkel bezeichnet der Bergmann und Geologe mit dem Ausdrucke das Streichen der Schicht, und weicht der magnetische Meridian zum Beispiel um einen rechten Winkel davon ab, so daß die Magnetnadel des Kompasses auf 6 zeigt, so sagt er, die Schicht streicht in 6 Uhr oder hora 6. —

Zugleich wird bemerkt, nach welcher Himmelsgegend die Neigung der Schicht gerichtet und wie stark sie ist. Zur Bestimmung des Neigungswinkels ist gemeiniglich am Kompasse ein kleiner Gradbogen mit Pendel angebracht. Die Neigung der Schicht wird deren Einfallen oder Fallen genannt. Um das obige Beispiel beizubehalten: die Schicht streicht in hora 6 und fällt südlich 22 Grad.

Jede andere Kompaßeintheilung, namentlich die in Grade, ist unbequemer als die in Deutschland eingeführte in 2 mal 12 Stunden, denn die Streichungs-

linie geht von Ost nach West auf unserm Kompaß von 6 zu 6 Uhr, sie wird auf einem in Grade eingetheilten Kompasse von 90° zu 180° gehen, welcher Ausdruck weit unbequemer ist als der in 6 Uhr.

Durch die genaue Beobachtung des Streichens und Fallens der Schichten wird die Aufsuchung der in Lagern vorkommenden nutzbaren Mineralien sehr erleichtert. Derjenige, welcher ohne dieses Hülfsmittel sich auf Bergbauunternehmungen, namentlich auf Schürfen einläßt, wird in der Regel mehr Gold in die Erde vergraben als er herausgräbt, er wird nur mit schweren Unkosten über die Ausdehnung und das Vorkommen eines aufgefundenen Lagers ins Klare kommen.

b. Die **Plattung** ist eine der Schichtung sich nähernde Art der Absonderung, welche sich in mehr oder weniger gleich starken, plattenförmigen, jedoch nach den Seiten hin sich auskeilenden, ausspitzenden Formen darstellt, während bei der Schichtung die Absonderungsstücke mit mehr rechtwinkligen Seiten aneinander stoßen. Diese Form der Absonderung stellt sich sehr oft in metamorphosirten Felsarten dar, sie kommt indessen auch in Lavaströmen und Basalten vor und dürfte ihre Entstehung zum Theil der Abkühlung feuerflüssiger Massen verdanken, namentlich wenn solche unter einer Wasserbedeckung ausflossen. Zum Theil kann dieselbe aber auch eine Folge von chemischen Prozessen sein, welche die Umwandlung geschichteter strukturloser (amorpher) Gesteine zu krystallinischen bewirkte. Die Plattung erinnert zuweilen stark an die Schichtung; gewöhnlich verlaufen dabei die Platten nach allen Richtungen keilförmig.

c. **Massige Absonderung** nehmen wir wahr an Gesteinen verschiedenster Entstehung. Sie geht hervor aus der Zusammenziehung der Gebirgsarten in sich und kann nur da entstehen, wo eine weiche Masse, sei sie nun durch Wasser oder durch Wärme erweicht gewesen, erhärtet oder erstarrt. Schreitet die Zusammenziehung von den Oberflächen des Gesteines nach dessen Innerm allmälig voran, so wird die Absonderung regelmäßig prismatische oder Säulenformen hervorrufen; geht sie dagegen mehr vom Innern umfangreicherer Massen nach außen, so werden die Absonderungsstücke weniger bestimmte Gestalten besitzen.

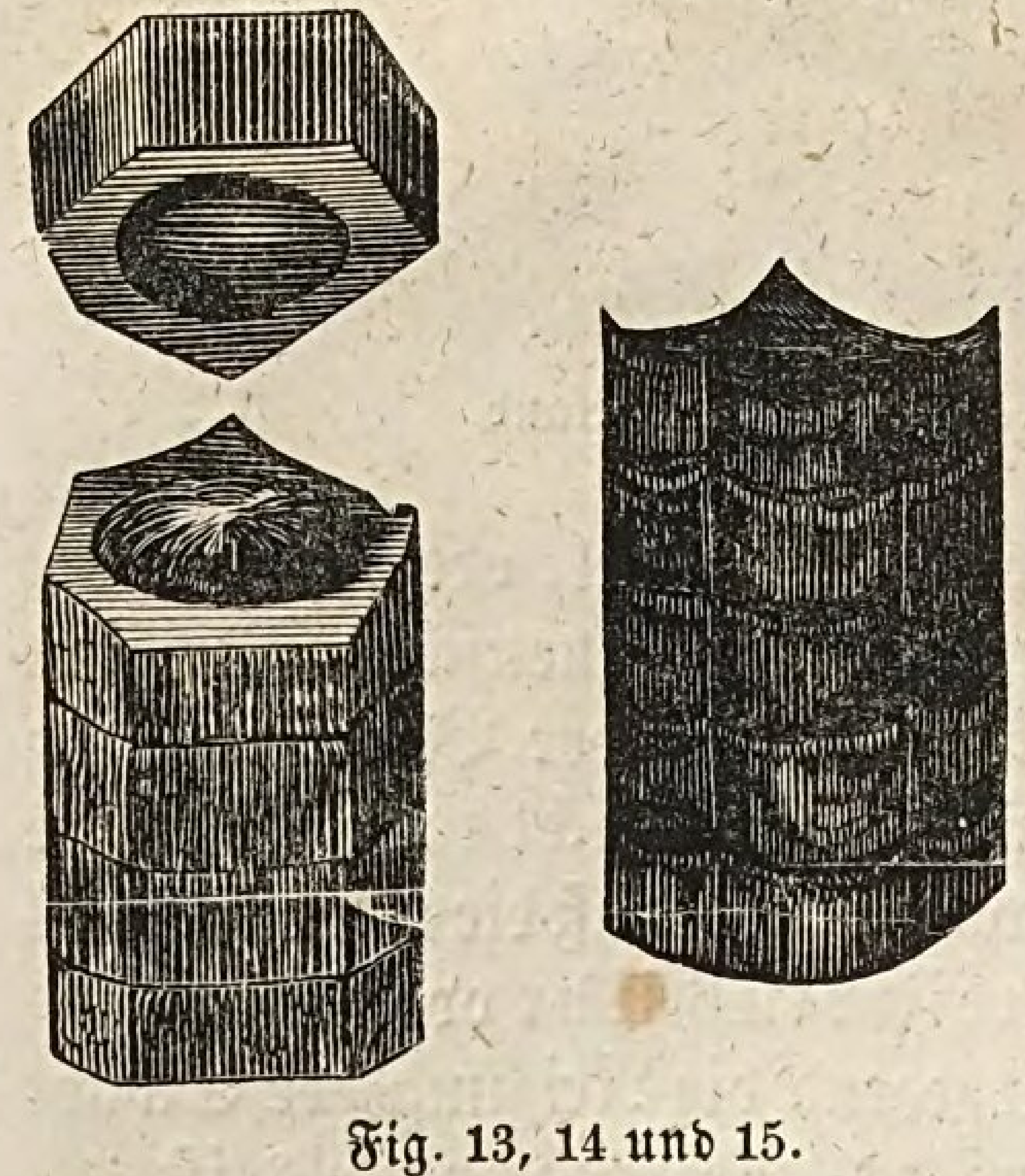


Fig. 13, 14 und 15.

Die Säulenabsonderung findet meistens nur in weniger mächtigen Lagern statt; sie ist vorzugsweise den über Land geflossenen oder auf Spalten erhärteten Laven und Basalten eigen, findet sich jedoch ebenso charakteristisch bei den aus Wasser niedergeschlagenen Kalksteinen, welche fern von aller vulkanischen Einwirkung stehen, in den im Thone liegenden Kalkscheiben, welche man Septarien nennt, bei Thon, Braunkohle und selbst bei Lehm.

Vorstehende Figuren 13, 14 und 15 stellen Basaltsäulen vor, welche durch Quersprünge in Platten zerlegt sind. Werden diese abgehoben, so stellt sich sehr

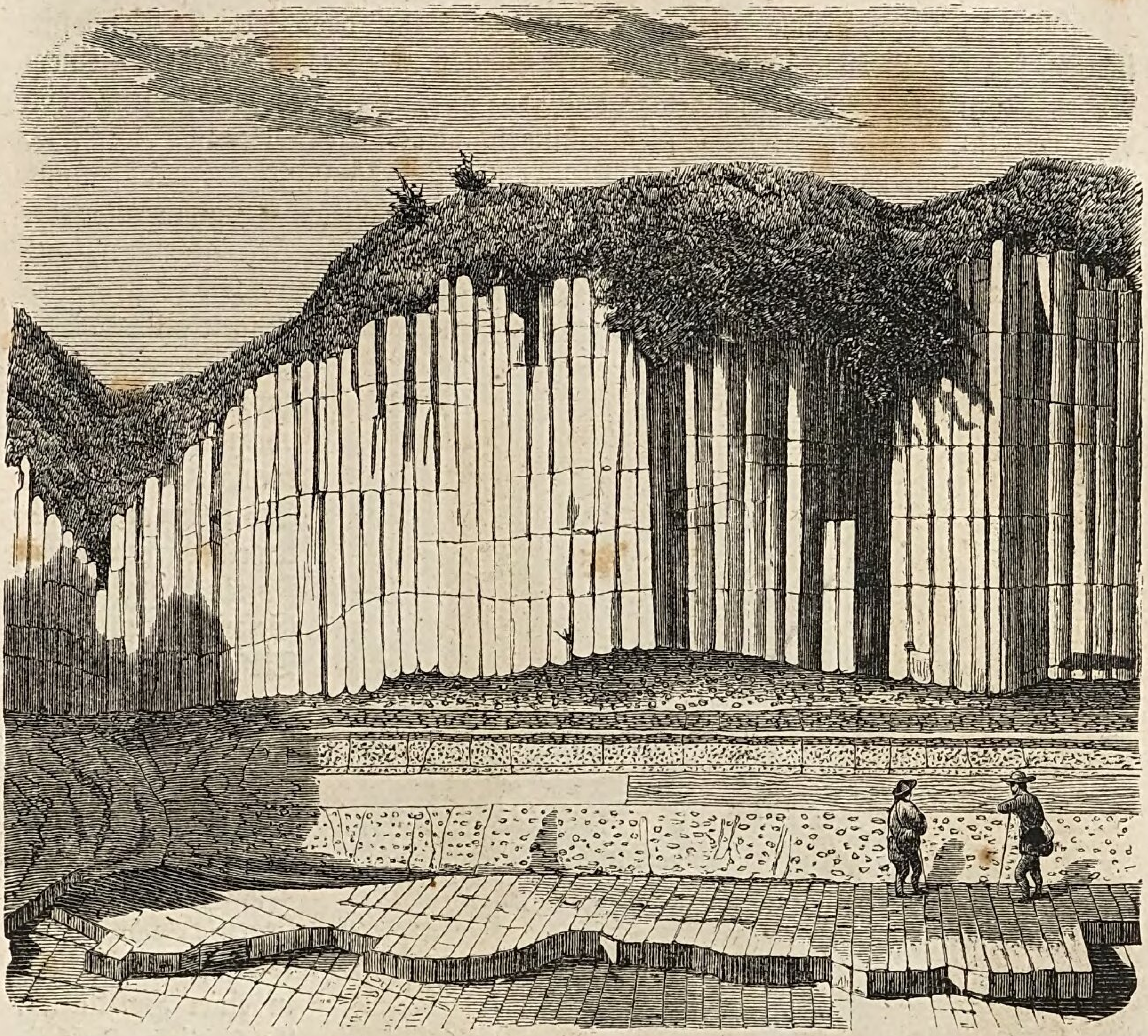


Fig. 16. Säulenförmiger Basalt bei Santa Cruz auf Teneriffa.

häufig ein sphäroïdischer Kern dar, um welchen mehrere Schalen concentrisch liegen; der innerste Kern ist gemeiniglich sehr fest, während die Schalen mehr zersetzt und aufgelockert sind. Wir haben hier die sphäroïdische Struktur verbunden mit der säulenförmigen Absonderung.

Eine solche Absonderungsform entsteht, wenn in einer nicht zu dicken Platte oder Lage die Massen, von der obern und untern Fläche aus allmälig erstarrend, sich zusammenziehen. An einzelnen Punkten beginnt das Festwerden; um diese Punkte legen sich Schalen, und da diese nicht in Kugel-, sondern in Polyëderform aneinander schließen können, so entstehen Säulen oder Prismen aus Polyëdern, mit kugelförmigen Kernen zusammengesetzt. Oft haben diese Säulen sämmtlich sechs Seiten, weil um einen Kreis nur 6 gleich große Kreise Platz finden, häufiger aber sind sie unregelmäßig, drei-, vier- fünf- und mehrseitig. Sie stehen in der Regel auf den Flächen, an denen die Zusammenziehung begann, mit ihren Axen senkrecht.

Wenn die Lavaströme auf schwach geneigtem Boden oder in der Ebene sich still stellten, so zersprangen sie in senkrecht stehende Säulen, wie dies auf Fig. 16 an einem solchen basaltischen Lavastrome bei Santa Cruz auf der Insel Teneriffa sehr schön dargestellt ist. Solche senkrechte Säulenstellungen sind an vielen Orten in Deutschland durch Steinbruchsbaue aufgefunden. Die Säulen sind häufig sehr regelmäßig und unter sich ganz gleich; sie durchschneiden ihre aus geschichteten Conglomeraten bestehende Unterlage nicht. Das letzterwähnte Verhältniß der tieferliegenden, aus Geröllen und horizontalen Flötzen bestehenden Gesteine zu dem darüber stehenden Basalt ist besonders auf unserm Bilde sehr anschaulich in die Augen fallend.

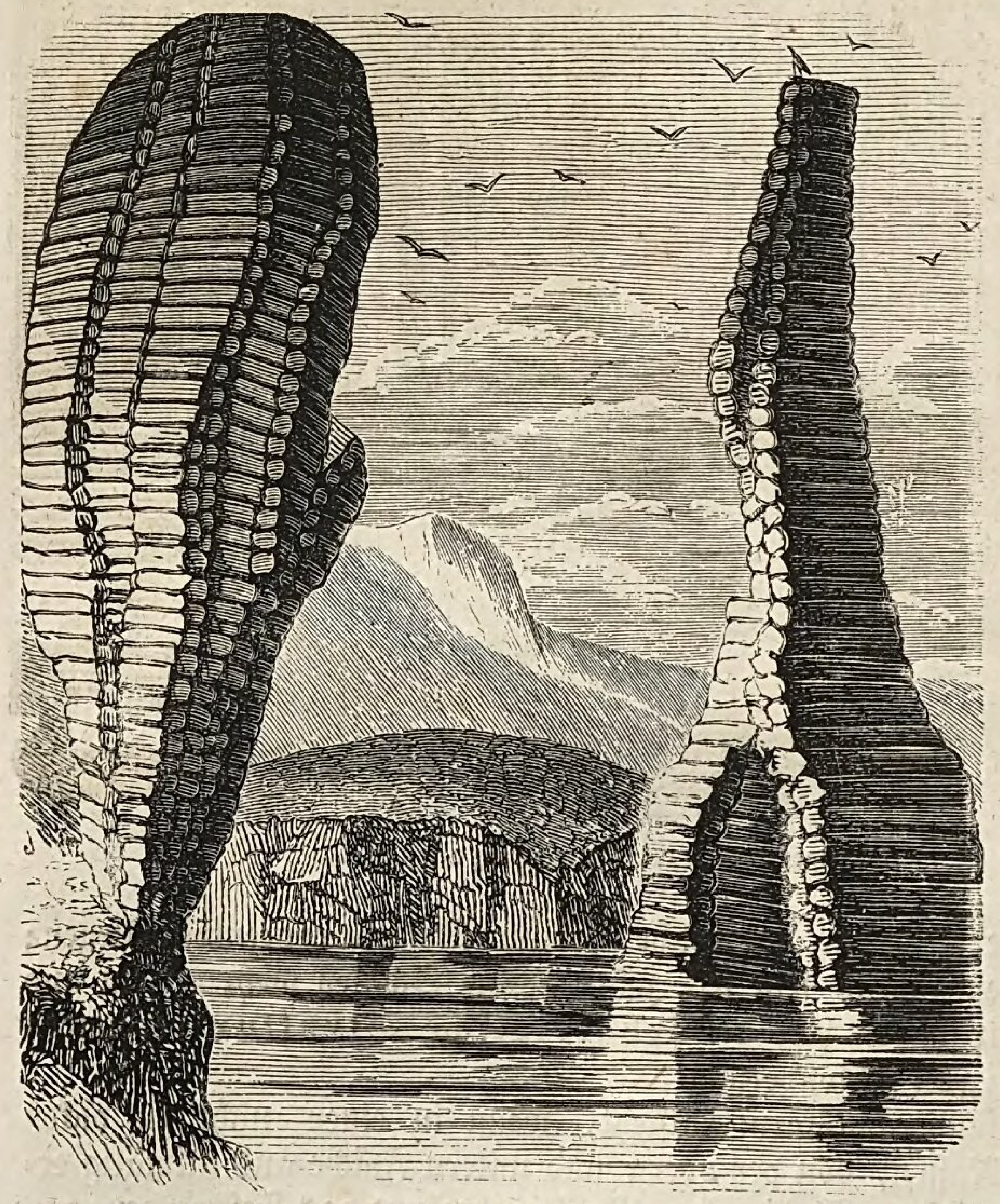


Fig. 17. Basaltkegel mit horizontalen Säulen auf Island.

Die in Fig. 17 dargestellten Felspyramiden steckten ehemals in der Erde. Sie waren auf Spalten eines jetzt von den Fluten fortgespülten Gesteines aus der Tiefe emporgetreten und darin erstarrt. Die Erkaltung der Lava begann in diesem Falle an den Seitenflächen der Spalten, die Säulen liegen deshalb wagrecht wie die Scheite in einer Holzklafter. Auch diese Erscheinung ist in den deutschen Basaltgegenden sehr gewöhnlich, und wenn sie auch nicht so großartig sichtbar wird, wie an der Küste von Island, so ragen doch hier und da auch hohe, mauerartige Basaltdämme über die Oberfläche empor, wenn das weichere Nebengestein durch die Verwitterung allmälig entfernt wurde. Gebogene Säulen gehören dagegen zu den seltenern Erscheinungen; in Fig. 23 werden solche an einem Basaltfelsen von Samoskö dargestellt. Die Basaltsäulen dieses Felsens sind an ihren untern Enden mehrere Fuß dick, sie stehen unten ziemlich gerade, beugen sich aber nach oben, wo sie dünner auslaufen, um einen Mittelpunkt wie Strahlen zusammen.



Fig. 18. Erdpyramiden in der Schlucht von Lengmoos bei Botzen.

Die säulenförmige Absonderung in den Sphärosiderit- und Kalkseptarien stimmt mit der eben beschriebenen sehr überein, nur mit dem Unterschiede, daß die Dimensionen derselben kleiner sind. Auch in diesem Falle stehen die Säulen senkrecht auf den obern und untern Flächen der abgeplatteten Sphäroïde.

Sehr oft erreichen die Klüfte zwischen den Säulen eine so große Weite, daß sich Bitterspath, Kalkspath und andere Mineralien darauf ansiedeln können. Im Thon und Lehm ist die Säulenabsonderung selten; manche Lehm- und Thonmassen entstanden aus der Zersetzung des Basaltes an Ort und Stelle und behielten dessen Säulenabsonderung bei. Von solchen ist natürlich hier nicht die Rede, sondern nur von solchem Thon und Lehm, dessen Bestandtheile transportirt und wieder abgesetzt sind. Sehr häufig sieht man auf Spaziergängen, nachdem Sonne und Wind die bei Regenwetter auf thonigem Boden angesammelten Pfützen ausgetrocknet haben, den auf deren Boden abgesetzten Schlamm in unregelmäßig prismatische Stücke zersprungen. Bei der Verdunstung des Wassers näherten sich die Schlammtheilchen vermöge der ihnen innewohnenden Anziehungskraft; es entstanden Risse und Klüfte, welche sämmtlich senkrecht gegen die Oberfläche der Schlammschicht stehen. Ganz dieselbe Ursache bewirkt in Thon- und Lehmlagern eine Zerklüftung in senkrecht stehende prismatische Stücke, in unregelmäßige Säulen. Wenn Lehm, der schützenden Pflanzendecke beraubt, dem Regen ausgesetzt ist, so dringt das Wasser auf diesen Spalten ein, und insofern es am untern Theile des Lagers Abzug hat, spült es sie aus und erzeugt schließlich jene Erscheinung, welche als sogenannte Erdpyramiden auch das Interesse des Nichtgeognosten zu fesseln vermag. Sehr begünstigt wird die Bildung

solcher Erdpyramiden durch, auf der Oberfläche des Lehmlagers zerstreute, festere Steinstücke, unter denen, als unter einem Schutz und Schirm, das Erdreich stehen bleibt. Solche Erdpyramiden sind, wenigstens in kleinern Maßverhältnissen, nicht gar selten, die ihrer Höhe wegen berühmtesten sind die von Botzen in Tyrol, wovon Fig. 18 eine Darstellung giebt.

Wir sehen hier die meisten dieser aus Lehm bestehenden Säulen durch einen auf ihrer Spitze liegenden Stein gekrönt; fällt der schützende Stein herab, so erliegt die Säule bald den Einflüssen des Wetters.

Auch bei Sandsteinen stellt sich diese Erscheinung dar, wie die Sandsteinsäulen in der sächsischen Schweiz und in den Vogesen bezeugen. Thon, Sandstein, Braunkohlen sind zuweilen in Berührung (im Contacte) mit über sie hin ergossenen oder sie umhüllenden Basaltlaven säulenförmig abgesondert. In solchen Fällen unterlagen diese Gesteine derselben Kraftäußerung, welche im Basalte die Säulenform bewirkte. Eine andere Art der massigen Absonderung ist die vielflächige (polyëdrische), die in unregelmäßig gestaltete Körper; auch sie findet ihre Veranlassung in einer innern Zusammenziehung der Massen.

Die Abbildung auf S. 41 stellt eine Gruppe von Granitfelsen dar, welche durch Wegspülung des zwischenliegenden Gesteines sich über die Fläche der Umgebung erhoben haben. Man sieht die vielfältig abweichende Gestaltung der Absonderungsstücke dieser Felspartie und deren Begrenzung durch unregelmäßig verlaufende ebene und gekrümmte Flächen. Auch diese Form kommt bei krystallinischen und amorphen Gesteinen, bei Granit, Trachyt, Porphyr, Basalt, sowie bei Kalksteinen und andern aus dem Niederschlage von Schlammtheilen entstandenen Gebirgsarten vor.

d. Die **sphäroïdische Absonderung** hängt innigst zusammen mit der sphäroïdischen Struktur der Gesteine. Sie entsteht zum Theil durch innere Zusammenziehung der Massen, zum Theil durch Einwirkungen, welche von außen kommen, namentlich durch Stoffzuführung und durch Verwitterung.



Fig. 19. Sphäroïdische Gesteinabsonderung.

Die beistehende Fig. 19 giebt ein allgemeines Bild von dieser Absonderung. Gewöhnlich um festere Kerne, zuweilen jedoch auch um lockere Massen, legen sich Schalen auf Schalen, so daß ein Haufenwerk von schaligen Sphäroïden und Kugeln sich darstellt. Wenn Basaltsäulen von kugliger Struktur zerfallen, so stellt sich immer diese Absonderung als Endergebniß heraus, deshalb bedecken Haufwerke von Kugelbasalt immer die kuglig-gegliederten Basaltsäulen. Zuweilen aber ist die kuglig-schalige Absonderung im Großen auch die Folge der innern Zusammenziehung sehr langsam erstarrender Laven und alsdann theilt sich wol ein ganzer Berg in concentrische, um einen Mittelpunkt gruppirte Schalen, wie dies unsere Fig. 20 sehr schön darstellt.

Der Basalthügel, welcher durch einen Steinbruch bis in seinen Kern geöffnet wurde, besteht aus einem System von Steinschichten, welche wie die Schalen einer Zwiebel umeinander liegen. Nur eine sehr allmälige Erkaltung, welche den Ato-



Fig. 20. Sphäroïdische Absonderung im Basalte, Steinbruch in der Nähe von Köln.

men gestattete, sich um einen gemeinschaftlichen Mittelpunkt nach den Gesetzen des Gleichgewichtes zu gruppiren, konnte diese regelmäßige Anordnung bewirken. Eine solche langsame Abkühlung findet auch gegenwärtig bei den Laven noch statt, selbst dann, wenn dieselben unter ungünstigen Verhältnissen, z. B. bei offen zu Tage austretenden oder mit dem Meerwasser zusammenstoßenden Strömen beobachtet werden. Die feuerflüssigen Gesteinmassen gerinnen zunächst sehr schnell an der Oberfläche, unterhalb derselben bleiben sie aber lange Zeiten, mitunter viele Jahre hindurch in bedeutender Glut. Der engliche Naturforscher Hamilton fand die Lava des Vesuvausbruchs von 1766 noch fünf Jahre nach ihrem Ergusse so heiß, daß sie Holz entzündete und die ungeheure, im Innern über 480 Fuß mächtige Lavamasse, welche den Jorullo umgiebt, brannte noch 45 Jahre nach ihrem Aus-

bruche, als sie Humboldt im Jahre 1803 besuchte. Im Jahre 1780, also 21 Jahre nach der Ergießung, war die Lava in den Spalten noch so glühend, daß man Cigarren daran anzünden konnte, 44 Jahre später fand sie Bullock noch sichtbar dampfend, und 1846, also 87 Jahre nach dem Ausbruch, der 1759 erfolgt war, sah E. Schleiden noch zwei Rauchsäulen aus ihr aufsteigen. Die erstarrte äußere Schlackenrinde läßt die Wärme nur sehr langsam ausstrahlen. Beim Eintreten feuerflüssiger Gesteinsmassen ins Meer ist die Erscheinung ganz ähnlich. Zunächst wird zwar eine Menge Wasser zischend in Dampf verwandelt, sofort erstarrt aber die Oberfläche und hindert jede fernere unmittelbare Einwirkung des Wassers. Die tiefer liegenden Atome gewinnen dann um so mehr Zeit sich nach den Gesetzen der chemischen Verwandtschaft und Anziehung zu gruppiren, je allmäliger sie aus dem flüssigen Zustande in den festern übergehen.

Die sphäroïdische Absonderung erfolgt in vielen Fällen auch, indem sich von außen zugeführte Stoffe, seien es Sauerstoffverbindungen, Wasser oder anderweitige Bestandtheile, concentrisch-schalig um einen vorhandenen Kern anlegen; in diesen Fällen erinnert diese Art der Absonderung an die Sphäroïdstruktur und wiederholt sie eigentlich nur in größerm Maßstabe.

Wenn eine Gebirgsart, welche kohlensaures Eisenoxydul oder Schwefeleisen, oder eine andere Sauerstoff und Wasser aufnehmende (absorbirende) Substanz in ihrer Mischung enthält, an ihrer Oberfläche sich mit den beiden genannten Stoffen chemisch verbindet, dagegen vielleicht Kohlensäure und Schwefel abgiebt, so bildet sich zunächst an der Oberfläche des Gesteinstückes eine etwas anders gefärbte Schale, welche entweder mit dem Kerne innig verbunden bleibt, oder sich auch davon ablöst. Namentlich wird eine Abtrennung dieser Schale erfolgen müssen, wenn die fortgeführte Substanz nicht vollständig durch die zugeführte ersetzt ward, oder wenn die neugebildete Schale weniger Raum einnimmt als der anfangs lockere Stoff, auf dessen Kosten sie entstand. Da in der ersten Schale nichts weiter Zersetzbares vorliegt, so geht die nächste Umwandlung in einer tiefern Schicht voran; es bildet sich eine zweite Schale, während in der ersteren vielleicht schon tiefer eingreifende Umwandlungen anderer Art beginnen. Es entwickeln sich somit von außen nach innen Schalen über Schalen und endlich wird die ganze Gesteinpartie in ein Haufenwerk solcher kugeliger Körper (Sphäroïde) umgewandelt, oder es werden wenigstens alle seine, dieser Umwandlung fähigen Stücke in diese Formen gebracht. Ist der Hergang noch nicht vollendet, so liegt im Innern der Schalen immer ein noch fester, dem ursprünglichen Gesteine gleichender Kern.

In manchen Fällen findet auch um gewisse Mittelpunkte der Anziehung im Innern eines Gesteines die Gruppirung statt, wenn in wässriger Auflösung durch die zirkulirende Erdfeuchtigkeit Kieselerde oder kohlensaure Kalkerde oder andere Stoffe zugeführt werden. Es entwickeln sich im Innern eines Schiefergesteines Geoden, d. h. abgeplattete, sphäroïdische Massen, welche die anfänglich parallelen Schieferblätter auseinander drängen. Hierdurch entsteht eine Absonderung, welche man die knotig-schiefrige genannt hat, und welche eine höhere Ausbildung der wellig- oder knotig-schiefrigen Struktur ist.



Fig. 21. Granitfelsen am Koliwansee in Sibirien.

C. Färbung der Gesteine.

Die Felsmassen und Gebirgsarten tragen nicht immer die Färbung derjenigen Mineralsubstanzen, aus denen sie vorzugsweise zusammengesetzt sind, sondern es reicht oft die Anwesenheit eines geringfügigen Nebenbestandtheiles hin, dem Ganzen ein anderes Aussehen zu ertheilen. Selten erscheinen die Gesteine ungefärbt oder weiß; dieser Fall kann nur eintreten, wenn der Hauptbestandtheil keine Farbe hat, oder wenn er sonst farblos in undurchsichtiger Varietät die gefärbten Mitbestandtheile umhüllt, oder wenn sich die farbigen Nebenbestandtheile an einzelnen beschränkten Stellen gesammelt haben.

Rothe Gesteine verdanken ihr Aussehn in der Regel einer sehr geringen Zumengung von Eisenoxyd, wovon ein Tausendtheil schon eine sehr lebhafte Färbung bewirkt.

Gelbe Gesteine sind durch gelben Eisenocker gefärbt, welcher die färbende Kraft mit Eisenoxyd gemein hat.

Blaue oder blaugraue Gesteine verdanken ihre Farbe gewöhnlich einer geringen Menge Bitumen oder Kohle, seltener einem blauen Minerale, wie dem Eisenblau, dem Lasursteine oder der Kupferlasur.

Grüne Färbungen werden in den meisten Fällen durch einige Beimengung chloritischer Substanzen, namentlich des Chlorites, des Aphrosiderites, der

Grünerde bewirkt, seltener veranlaßt sie ein zugemengter grüner Amphibol, als Strahlstein, noch seltener Kupfergrün oder ein anderes grünes Mineral.

Braune Färbung geht hervor aus der Zumischung von bituminösen Theilen, oder einiger Manganfossilien, oder von braunem Eisenoxydhydrat, oder von einer Mischung der Grünerde und des Eisenoxydes.

Amethystfarbe und Fleischroth erscheinen selten als Gesteinsfärbung, sie werden durch kieselsaures Manganoxyd veranlaßt.

Schwarz oder dunkelgün, dunkelbraun, dem Schwarzen sehr genähert, werden hervorgebracht durch Augit, Hornblende, Magneteisen, Kohle, Graphit oder sonst einen dunkelfarbigen Stoff, welcher in feinster Vertheilung zugemischt ist. Selbst eine sehr geringe Menge jener dunkeln Stoffe kann in einem hauptsächlich aus Feldspath oder einem andern durchsichtigen, wasserhellen Minerale bestehenden Gesteine diese dunkele Färbung bewirken.

Die Farbe der Felsarten ist sonach eine mehr zufällige Erscheinung, denn dasselbe Gestein kann an einer Stelle grün, an der andern grau oder gelb sein, ohne dadurch seinen eigentlichen Charakter zu verlieren. Wir erkennen dies auch schon daran, daß die Farben in ein und derselben Schicht oft vielfältig in einander verlaufen, streifig, wolkig, bandartig, fleckig miteinander wechseln. Zuweilen liegen die färbenden Substanzen nur auf den Oberflächen der Absonderungsstücke auf; solche Gesteine haben dann im Innern eine andere Färbung. Hierher gehören auch die von Mangan- und Eisenoxyd auf den Kluft- und Schichtenflächen vieler Gesteine gebildeten, öfters mit Pflanzenversteinerungen verwechselten moos- und baumförmigen Gestalten, welche unter dem Namen Dendriten bekannt sind. Sie entstanden auf den schmalen Spalten, ähnlich wie die Eisblumen an den Fenstern; sie wuchsen später in das Gestein hinein, nachdem die Kluftflächen schon gebildet waren.

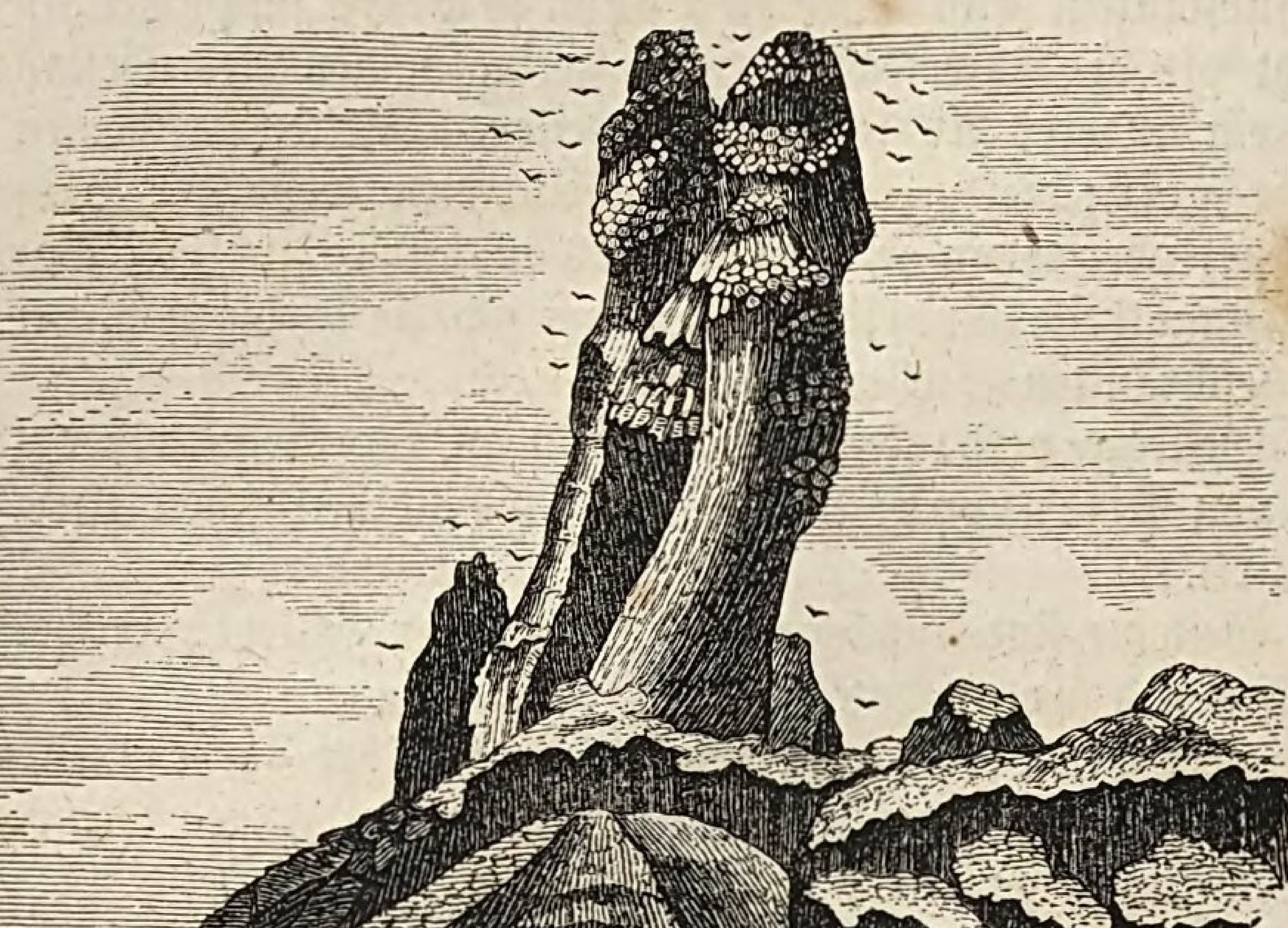


Fig. 22. Phonolithsäulen „Lot's Weib" auf St. Helena.

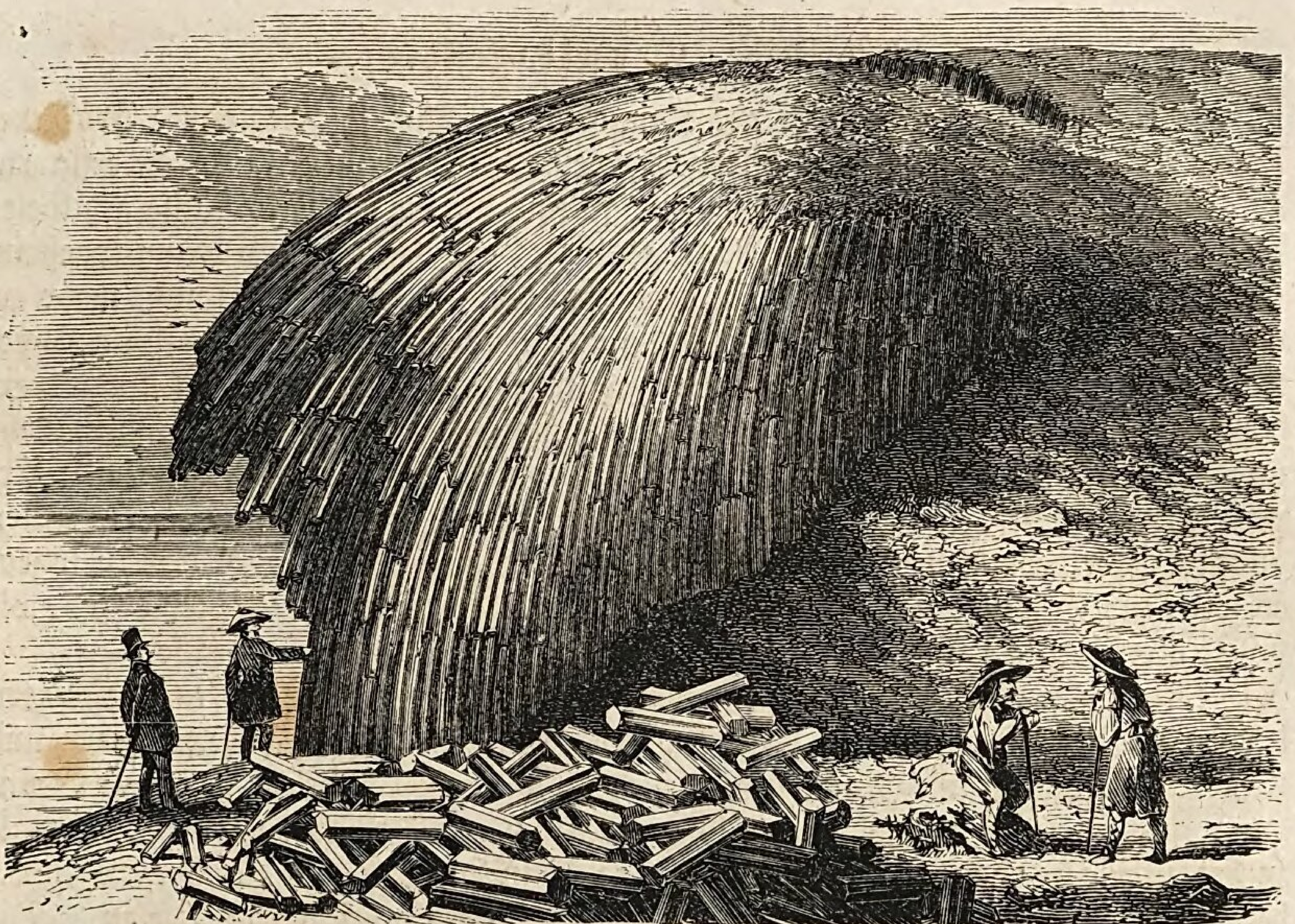


Fig. 23. Gebogene Basaltsäulen von Samoskö in den Karpaten.

Zweite Abtheilung.

Felsenkunde.

Da alle Gesteine Mengungen aus verschiedenen Mineralarten sind und vielfältig in einander übergehen, so ist es schwer, ein System aufzufinden, nach welchem sie genügend wissenschaftlich eingetheilt (klassificirt) werden können. Werden die Hauptbestandtheile als Unterscheidungsmerkmale gewählt, so verliert, da solche oft vor den Nebenbestandtheilen sehr zurücktreten und ohnedies in sehr wechselnden Verhältnissen vorkommen, einestheils die Eintheilung an Sicherheit, anderntheils büßt man dadurch zu leicht den für die Gesteinentstehungslehre (Petrogenie) so wichtigen Zusammenhang ein, welcher zwischen den Bestandtheilen und der Entstehungsweise der Felsmassen stattfindet. Theilt man sie nach der Körperform in krystallinische, amorphe und plastische, so werden ebenfalls zusammengehörige willkürlich auseinander gerissen. Wir ziehen es deshalb vor, die Gesteine nach ihrer Entstehung in drei große Gruppen zu trennen, und beginnen mit den Eruptionsgesteinen, lassen alsdann die Sedimentgebilde und endlich die umgewandelten oder metamorphosirten Felsarten folgen.

Erste Reihe. Eruptivgesteine.

Wenn die Wissenschaft zu der Annahme berechtigt ist, der ganze Erdkörper sei im Anfange eine feuerflüssige Kugel gewesen, welche allmälig soweit erstarrte, daß sich Wasser auf ihr sammeln konnte, so sind die im feurigen Flusse gebildeten Felsmassen die ersten und ältesten, das eigentliche Grundgebirge und Primitivgestein.

Wie dieses ersterzeugte Gestein beschaffen war, kann zur Zeit nicht mehr ermittelt werden; denn nachdem die Chemie mit ihrer Leuchte die geologischen Hypothesen prüfend erhellt, zerfällt die Behauptung, der Granit, Gneus und andere krystallinische Gesteine seien in ihrem jetzigen Zustande uranfänglich entstanden, mehr und mehr. Jene Hypothese wird durch die pyrotechnischen und chemischen Experimente, welche Daubrée in den letzten Jahren ausführte und deren unten ausführlicher gedacht werden wird, tief erschüttert. Es beginnt auch hier zu tagen, es wird zur Gewißheit: jene so lange als Urgebirge betrachteten Gesteine sind, wie sie uns erscheinen, Kinder des Metamorphismus, des Stoffwechsels.

Die ganze Existenz der Welt, das Leben im Allgemeinen und im Besondern beruht auf dem Stoffwechsel, dem Metamorphismus. Die Stoffe wandern und wandern ohne Ruh und Rast; sie treten heute, Formen bildend, in eine Verbindung, die sie morgen schon wieder lösen, um sich am Aufbau einer neuen Gestalt zu betheiligen. So war es, soweit die Forschungen uns über die Vergangenheit belehren, von jeher und so wird es bleiben, solange Stoff vorhanden ist. Die Formen wechseln, die Stoffe sind unvergänglich! Sich in wechselvollen Verhältnissen verschlingend, bilden sie den Baum des Lebens; würden sie jemals ruhen — der ewige Tod wäre die unmittelbarste Folge.

Auch in den Felsmassen findet dieser Stoffwechsel unausgesetzt statt, auch in den sogenannten starren Massen ist eine ununterbrochene Bewegung. Die Kräfte der Anziehung (Affinität), der chemische Austausch, die Elektrizität wirken hier, nie ruhend und rastend, scheinbar unbedeutend, das Größte. Den Gnomen oder Kobolden, diesen kleinen lichtscheuen, geisterhaften Wesen, wiesen unsre Vorfahren das Gestein zum Wohnsitze an. Dort bauten sie an dem prunkvollen Palaste ihres Königs Rübezahl. Und wahrlich, unscheinbar und klein sind die Wassertropfen, unsichtbar geisterhaft ist die elektrische Strömung, welche im Vereine die Materialien zusammentragen und zusammenfügen zu jenen wunderbaren Krystalldrusen, welche die Pracht und Kunst der Königsschlösser beschämen.

Sobald ein Gestein oder nur eine Schicht, aus der schaffenden Hand der Natur hervorgegangen, auf der Oberfläche abgelagert ist, beginnen in ihm jene Kräfte, welche es erst durch alle möglichen Formen verändern und zuletzt seinem Untergange entgegen führen. Es ist hier wie überall in der Natur, „das Leben ist ein immerwährendes Sterben!“ Aber, so setzen wir hinzu, dieses immerwährende Vernichten, dieses beständige Neuschaffen eben erhält dem Erdganzen die Jugendfrische.

Bei unserer Beschreibung der Gebirgsarten gehen wir von denjenigen Gesteinen aus, welche eben neu geworden sind, und lassen die in früheren Zeiten auf ähnlichem Wege entstandenen folgen, in denen aber schon Umwandlungen vorgingen,

welche ihnen einen neuen Formencharakter aufprägten. Wir beginnen mit den Eruptivgesteinen, weil sie, aus dem Erdinnern herstammend, die Zusammensetzung in den uns unerreichbaren Tiefen bezeugen und wahrscheinlich zu den ältesten Bildungen des Erdballes gehören.

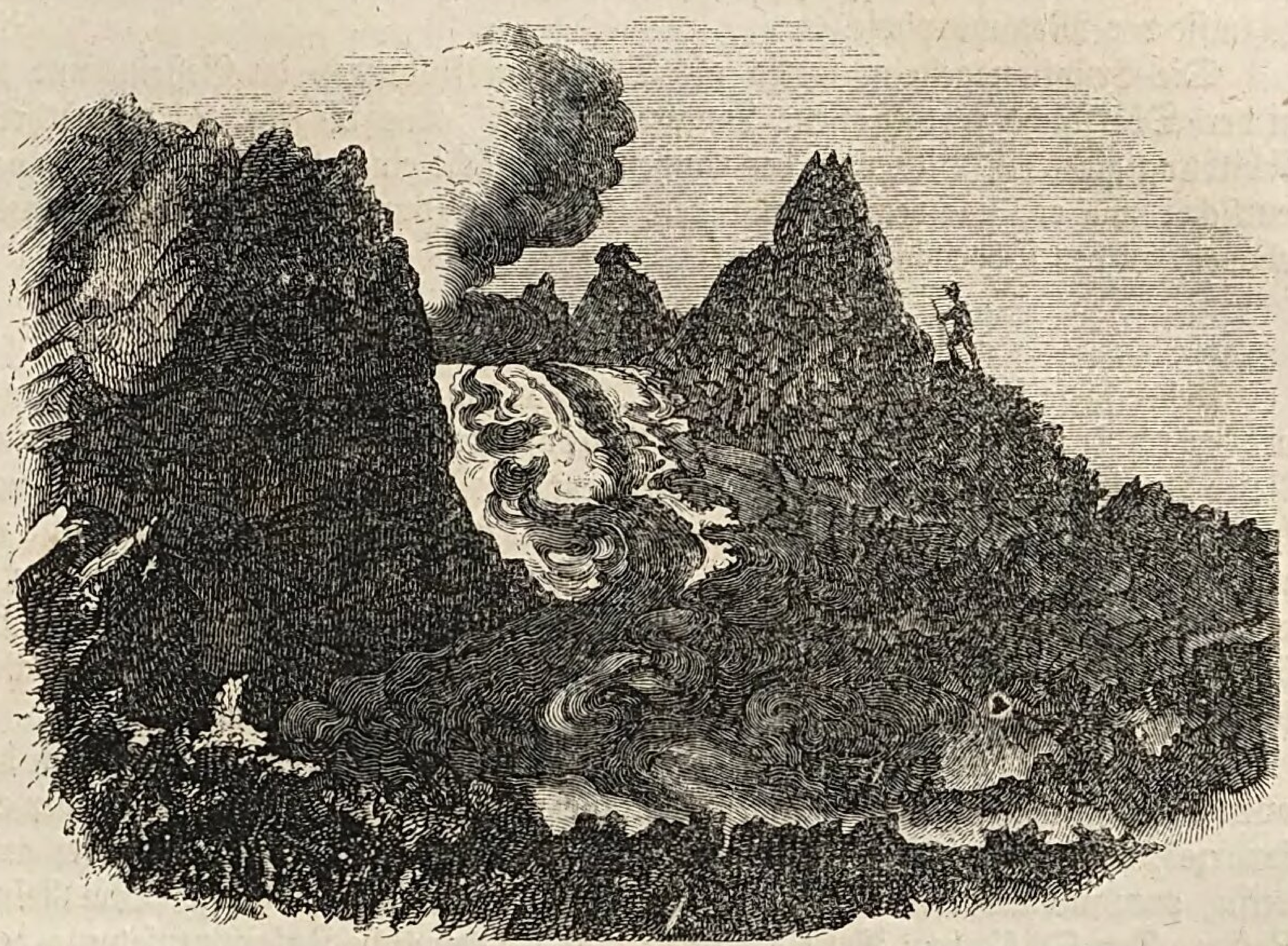


Fig. 24. Eruptionskegel und Krater des Vesuvs.

Alle Eruptivgesteine stimmen darin mit einander überein, daß sie als Lava, d. h. als feuerflüssige Erd- oder Gesteinmasse aus der Tiefe hervorgequollen sind; sie waren alle unter Mitwirkung hoher Hitzgrade in Fluß gebracht, wie die Schlacken eines Schmelzofens. Ihre feuerbeständige Säure, die Kieselsäure (Kiesel), ist mit ihren erdigen und alkalischen Stoffen, sowie mit den Metalloxyden zu sogenannten Silikaten vereinigt. An der Oberfläche erscheinen alle schlacken- oder glasartig, tiefer im Innern steinartig, und hier können ihre Bestandtheile beim allmäligen Erkalten nach dem Schmelzgrade, sich von einander trennen und Krystallform annehmen. Es müssen dabei aber die schwerer schmelzbaren Mineralien zuerst auskrystallisiren, ihnen folgen die leichter schmelzbaren. Deshalb können in einer Leuzitlava, wo die leichter schmelzbaren Augitkrystalle im Innern der schwer in Fluß zu bringenden Leuzite stecken, letztere nicht ursprünglich entstanden, sondern müssen das Produkt späteren Stoffwechsels sein; deshalb können die Granite, in welchen der fast unschmelzbare Quarz den leicht flüssigen Feldspath umgiebt, keine in ihren ursprünglichen Formen erhalten gebliebene Laven sein.

Kein Eruptivgestein umschließt Versteinerungen von Thieren und Pflanzen,

dagegen hüllen alle Bruchstücke von andern Gesteinen ein, welche die Spuren ausgestandener Hitze tragen. Diese Einschlüsse legen zugleich Zeugniß ab von der Hitze, bei welcher die Laven flossen; sie sind in Wahrheit die Pyrometer (Wärmemesser) für sie. Mineralien, welche man in den Drusenräumen und Poren der Laven vorfindet, Kalkspath, Sphärosiderit, Zeolithe u. s. w. sind sekundäre Erzeugnisse der Metamorphose.

Die Eruptionsgesteine treten als Spaltenausfüllungen im Gesteine und als an der Oberfläche fortgeflossene Lavaströme auf. Die in Fig. 24 mitgetheilte Abbildung giebt ein Bild von der rauhen Oberfläche eines Lavastromes und verdeutlicht, wie er, nachdem er aus dem Erdinnern durch Wasserdämpfe hervorgehoben, an der Oberfläche fortfließt.

I. Lava jetzt thätiger Feuerberge.

Ueber diese sagt Leopold von Buch: „Alles, was in Feuerbergen fließt und durch seine Flüssigkeit neue Lagerstätten einnimmt, ist Lava.“ Dieser Ausspruch bezeugt schon, daß die chemische Mischung der Laven sehr verschieden sein werde, und in Wahrheit, es stimmen zwei verschiedene Lavaergüsse ein und desselben Vulkanes selten überein, die von nahe gelegenen Vulkanen weichen in hohem Grade von einander ab, alles Beweise dafür, daß die Laven nicht aus beständig gleich bleibenden Tieferegionen der Erde hervortreten, sondern wahrscheinlich Produkte ausgedehnter chemischer Wirkungen im Erdinnern sind.

1. **Obsidian** und **Bimssteinlava**, welche in bedeutenden Mengen bei den Laven der gegenwärtig noch thätigen Vulkane vorkommen, erscheinen entweder als schwarzes, dunkelgrünes, graues, braunes, seltener farbloses Glas, mitunter auch streifig, oder mit dichtern Glasstreifen wechseln ab schaumige, blasige (Bimsstein-) Massen. Der Obsidian ist halb durchsichtig; die chemische Zusammensetzung desselben stimmt fast mit der des Orthoklases überein, doch hat er etwas mehr Kieselerde und etwas weniger Thonerde als letzterer. Der Bimsstein dagegen stimmt in dieser Beziehung fast ganz mit dem Orthoklase. Sein viel geringerer Kaligehalt wird einer Verdampfung dieser Substanz zugeschrieben, welche allerdings erfolgen kann, indem entweichende Wasser- und Chlordämpfe ihm seine schaumige Beschaffenheit geben. Die zuweilen in den Obsidianlaven eingeschlossenen Feldspathkrystalle sind nach Daubrée's Beobachtungen sekundärer Entstehung. Beide Laven kommen als Erzeugnisse (Produkte) noch thätiger und schon erloschener Feuerberge vor, der Bimsstein selbst in Deutschland in der Eifel, in Basaltgegenden am Knüll und bei Marburg in Hessen.

2. Die **Pyroxenlava** ist ebenfalls schwarz, grau, braun, niemals farblos und glasig, stets emailleartig oder steinig. In den obern schwammigen, blasigen Theilen der Lavaströme färbt sie sich oft durch Höheroxydation ihres Eisengehaltes roth und braun; die tiefern Lagen sind mehr krystallinisch und enthalten: Augit, Labrador, etwas Magneteisen und Olivin. Sie zerspalten in Säulen. In manchen Pyroxenlaven ist Augit, Olivin und etwas Magneteisen deutlich erkennbar, während der Rest in emailleartigen, graulichweißen Körnchen besteht. Dieser Rest

ist sehr reich an Kali und Natron, so daß er fast die chemische Zusammensetzung des Leuzites hat. Aeltere, besonders in vorhistorischer Zeit, in Unteritalien und in der Eifel ausgebrochene Lavaströme der Art enthalten große Leuzitkrystalle, welche wol mit der Zeit aus jener formlosen Emaille sich entwickelten. Auch Zeolithe und kohlensaurer Kalk (Arragonit und Kalkspath), welche auf Drusenräumen in den Laven vorkommen, sind solche sekundäre, aus dem Stoffwechsel in den erkaltenden Schlacken vorkommende Erscheinungen. Ueberhaupt zersetzen sich die Pyroxenlaven viel rascher als die Obsidianlaven; sie enthalten 10—15 Proc. weniger Kieselerde als letztere, dagegen entsprechend mehr Kalk, Kali, Natron, Eisenoxydul und andere (basische) Bestandtheile, welche sich leicht mit der Kohlensäure der Atmosphäre verbinden und dadurch bei gewöhnlicher Temperatur von der Kieselerde abtrennen lassen. Die Pyroxenlaven sind als Erzeugnisse älterer und neuerer Vulkane sehr gewöhnlich. Den Laven der Vulkane der Gegenwart schließen wir an

II. Lava jetzt nicht mehr thätiger (erloschener) Feuerberge aus den jüngern Erdentwicklungsperioden.

Die Laven erloschener Vulkane, welche indessen unter günstigen Verhältnissen eben sowol wieder thätig werden können, als der vor Christi Geburt ruhende, jetzt so rege Vesuv, stimmen in der chemischen Zusammensetzung mit den gegenwärtig ausgeworfenen Laven überein. Im Laufe der Zeit sind ihre elementaren Bestandtheile jedoch in Folge des Stoffwechsels und der Stoffbewegung in manche neue Formen eingetreten, so daß die Gesteine schon den metamorphosirten zugezählt werden könnten. Da die Metamorphose indessen noch nicht die ganze Masse dieser Felsarten verändert hat, deren eruptiver Charakter auch deutlich erkennbar ist, so stellen wir sie noch zu den Laven. Zu ihnen gehört

1. **Trachyt.** Dies ist eine graue, röthliche, gelbliche, weiße, dichte oder körnige Felsart, in deren feinerdiger Grundmasse öfters schöne Orthoklaskrystalle porphyrartig angeordnet sind. Der Hauptmasse nach besteht er aus Feldspathsubstanz, in welcher Krystalle von titansaurem Kalke (Titanit oder Sphen), Hornblende und Glimmer, seltener von Augit, Magneteisen, Granat, Quarz, Kalkspath und Schwefelkies eingesprengt liegen. Seine chemische Zusammensetzung stimmt im Allgemeinen mit jener der Obsidianlava überein, woraus ihn auch Daubrée auf dem Wege des Experimentes dargestellt hat. An fremden Einschlüssen enthält er Obsidian, Granit, Syenit, Basalt und Schwefel; auf Spalten finden sich Pechstein, Perlstein, Halbopal, Glasopal, Eisenglimmer (eine Spielart des Rotheisensteines), gediegen Gold und Silber. Seine Absonderung findet in Säulen, in Platten und polyëdrischen Stücken statt. Die äußere Gestalt der aus ihm gebildeten Berge ist die Glocken- oder Domform.

Der Trachyt findet sich in Lavaströmen, namentlich an den phlegräischen Feldern Italiens, häufiger aber in mächtigen Gebirgsstöcken, wo die schon erwähnten Dome abwechseln mit wild zerrissenen, zackigen Nadeln, die öfters un-

geheuer große, übereinandergeschobene Felsplatten tragen. Er betheiligt sich am Baue fast aller noch thätigen Vulkane und ist der Herd, aus welchem die meisten derselben brennen. So bildet er die über die Wolken emporragenden Vulkane der amerikanischen Andeskette, des Pic de Teyde auf Teneriffa, die Vulkanenzone Islands, Kamtschatka's, der australischen Inseln und Java's; er tritt in der Nähe der erloschenen Vulkane der Eifel, des Siebengebirges, der Rhön, Böhmens, des südlichen Frankreichs, Spaniens, Oberitaliens, Ungarns, Griechenlands, des Innern Asiens und Ostafrika's auf und bedeckt sonach Hunderte von Quadratmeilen der Erdoberfläche.

Manche im Wiedererwachen begriffene Vulkane, welche in geschichtlicher Zeit durch innere Kräfte aus der Erde hervorgehoben wurden, bestehen aus dieser Felsart. Die schwarzen Felsen, welche als Paläokaïmeni, Mikrokaïmeni und Neokaïmeni um 197 vor Christo, 1573 und 1707 nach Christo aus dem Innern des Meerbusens der griechischen Insel Santorin glühend, Bimsstein, Lava, Asche und Rauch ausschleudernd, das umgebene Meer zum Sieden erhitzend, aufstiegen und auf ihre Oberfläche festgewachsene Austermuscheln und Korallen mitbrachten, sind Trachyt. Die aufgewachsenen Seethiere bezeugen aber, daß dies Gestein schon lange vorher auf dem Meeresgrunde vohanden war und daß es in seiner jetzigen Form die vulkanische Kraft der Erde nur über den Meeresspiegel heraufgehoben und nicht erst gebildet hat. In kleinern Kuppen als Spaltenausfüllung in andern Gesteinen begegnen wir ihm an vielen Orten; er ist daselbst stets ein uralter Zeuge früherer vulkanischer Bewegung.

Der Trachyt wird durch die sauern Ausdünstungen der Vulkane in eine thonartige Substanz verwandelt, worin sich Alaun erzeugt und Kieselerde ausscheidet. Durch die Atmosphärilien wird er ebenfalls zu Thon und einer dem Pflanzenwuchs sehr zusagenden fruchtbaren Erde. Technische Anwendung findet er als Baustein; so ist der Kölner Dom, dieses erhabenste Werk deutscher Baukunst, aus ihm errichtet. Wo er Gold führt, wie in Ungarn und in Mexiko, sind Bergwerke in ihm angelegt. In Italien werden die durch vulkanische Gase zerstörten Trachyte zur Alaungewinnung ausgelaugt, oder er wird als Mühlstein benutzt, wenn sich viel Quarz in ihm ausgeschieden hat.

2. **Der Phonolith** oder **Klingstein** ist ein perlgraues, grünliches bis schwarzes, fettglänzendes, hornartiges, an den Kanten durchscheinendes Gestein, welches sich in Platten spalten läßt und beim Anschlagen einen hellen Glockenton giebt, worauf sich sein Name bezieht. Dieses Gestein besteht aus Orthoklas (namentlich auch Sanidin und glasigem Feldspath), dem ein wasserhaltiger Zeolith innigst beigemengt ist. Feldspathkrystalle sind ihm zuweilen porphyrartig eingestreut; außerdem kommen Augit, Hornblende, Sphen, Glimmer als Gemengtheile, auf Drusen Natrolit, Chabazit, Analzim, Glasopal, Quarz, Kalkspath und Schwefelkies in ihm vor. Er erscheint als ein mit Wasser verbundener Trachyt, ein Trachythydrat.

Die Phonolithe finden sich als Lavaströme alter Vulkane, öfter aber als Spaltenausfüllungen und als hoch und steil über die Oberfläche hervorragende,



Fig. 25. Der Basaltberg Detonata in Siebenbürgen.

nach Abwitterung des Nebengesteines stehen gebliebene Felszacken. So in der Rhön (Milzeburg), in Böhmen (bei Bilin), im südlichen Frankreich u. s. w.

Die Abbildung Fig. 22 stellt einen sehr auffallend gestalteten Phonolithfelsen auf St. Helena dar, dem man den Namen „Lots Weib" gegeben hat. Das Gestein findet nur selten Anwendung als Mauerstein, wird aber da, wo es dünn spaltet zu Platten und zur Dachbedeckung benutzt. Es verwittert, indem es sich an der Oberfläche mit einer weißen Kruste überzieht, und zerfällt endlich zu einer sehr fruchtbaren Erde, worauf kräftige Wälder emporschießen.

3. **Perlstein** und **Pechstein** sind dem Obsidian ebenfalls entsprechende, aber mit mehreren Procent Wasser verbundene feldspathige Felsmassen von sehr beschränkter Verbreitung; sie sind grau, braun, grünlich, gelblich, schwarz, glas- bis pechglänzend.

4. Der **Trachytdolerit** ist weiß, grau, roth, grünlich, schwarz und weiß

gefleckt, er zeigt ein deutliches krystallinisches Gemenge aus vorwaltendem Feldspath und wenig Augit, nebst etwas Magneteisen, ist porös, blasig oder dicht, und dann massig abgesondert, er enthält Einschlüsse von verglühtem Granit, Sandstein und Kalk. Sehr verbreitet findet er sich auf Island, den Faröer und in Kleinasien. In Deutschland ist er besonders schön am Vogelsberge und an der Röhn in der Nähe von Fulda. Hier bildet er einzelne Kuppen und weit ausgedehnte mit seinen rauhen Blöcken bedeckte Felder. Dieses Gestein und der in den südamerikanischen Anden neben dem Trachyt vorkommende Andesit bilden den Uebergang aus den feldspathreichen in die pyroxenreichen älteren Laven; sie sind von sehr verschiedener Zusammensetzung, stehen aber im Allgemeinen dem Trachyt näher als dem Dolerit.

5. **Dolerit, basaltischer Grünstein, Graustein** ist ein deutliches Gemenge aus 62 Theilen Augit und 38 Theilen Labradorit mit etwas Titaneisen, wodurch das Gestein zuweilen polarisch-magnetische Eigenschaften erhält. Er sieht grau, grünlichschwarz, schwarz aus und ist porös, dicht und blasig. Er sondert in Kugeln, Säulen und Polyëdern ab. Als sekundäre Erzeugnisse aus der Zersetzung der Hauptbestandtheile hervorgegangen, stellen sich in ihm auf Drusenräumen und in Höhlungen Kalkspath, Arragonit, Sphärosiderit, Glasopal, Halbopal und Hornstein dar. Ihm schließen sich eine Reihe andere ältere Laven von untergeordneter Bedeutung an.

Der **Anamesit** ist ein dichter Dolerit, dessen Poren gänzlich durch Sphärosiderit ausgefüllt sind.

Der **Nephelindolerit** enthält im krystallinischen Gemenge oder porphyrartig ausgeschieden Nephelinkrystalle, welchen sich auch phosphorsaure Kalkerde (Apatit) zugesellt.

Doleritmandelstein ist ein blasiger Dolerit, auf dessen Blasenräumen sich Kalkspath und Sphärosiderit, seltener Mesotyp und Chabazit angesammelt haben. Solche Mandelsteine gewähren oft einen sehr schönen Anblick, indem sich die weißen Mandeln auf dem dunkeln Grunde anmuthig hervorheben. Der Dolerit ist gewöhnlich mit dem Basalte vergesellschaftet, sein Vorkommen soll deshalb bei diesem mit beschrieben werden.

6. Der **Basalt** ist blau-, grau- und braun-schwarz, gefleckt, körnig, dicht, meistens so innig gemengt, daß seine Bestandtheile nicht mit dem unbewaffneten Auge erkennbar sind, jedoch auch mitunter krystallinisch. Seine Bestandtheile sind Labradorit, Augit, Zeolith, zuweilen Nephelin, woraus der Wassergehalt des Gesteines erklärlich wird. Ein beiläufiger (accessorischer), aber fast nie ganz fehlender Bestandtheil des Basalts ist Olivin, der in Körnern und Krystallen auftritt; auch ist Magneteisen ein nicht seltener Begleiter. Kohlensaure Kalkerde und kohlensaures Eisenoxydul sind häufig beigemengt, weshalb fast alle Basalte aufbrausen, sobald sie in Pulverform mit Salzsäure übergossen werden. Seltener sind in ihm Hornblende, Glimmer, Granat, Hyacinth, Bronzit, Magnet- und Schwefelkies. In Drusenräumen kommen vor: Arragonit, Bitterspath, Kalkspath, Sphärosiderit, Chabazit, Harmotom, Mesotyp, Zeolith, gediegen



Fig. 26. Das Basaltthal von Wanoga in Japan.

Kupfer, gediegen Silber, Kupferroth, Malachit; auf Klüften phosphorsaurer Kalk und Halbopal. Auch verglühte, halbgeschmolzene Gebirgsarten, durch welche die Basalteruption erfolgte, umhüllt er. Das Basaltgestein ist sehr fest und schwer zersprengbar; es kommt in Platten-, Säulen- und Kugelform abgesondert vor, bildet gangartige Ausfüllungen und weit fort ziehende Lavaströme, welche, horizontal ausgebreitet, ansehnliche Strecken Landes bedecken. Oefters sind solche Lavaströme an ihrer Unterseite blasig, schlackig, in der Mitte in Säulen, nach oben in Kugeln abgesondert oder von Schlackenhaufwerken bedeckt. Basalt und Dolerit sind sehr verbreitet in allen vulkanischen Gegenden, namentlich in Sicilien, Italien, Südfrankreich, den Faröer, Island, in Deutschland in der Eifel, im Westerwalde, dem Vogelsberge, in Hessen, Baden, Böhmen u. s. w. Der Basalt bedeckt Flächen von je 40—100 Quadr.-Meilen und erscheint in steil ansteigenden, felsigen, mit scharfen Bruchstücken bedeckten Kegelbergen, oder in sanften Kuppen, je nachdem er als aus dem Nebengestein herausgewitterter Gang oder als weithin geflossener Lavastrom vorkömmt. Der Basalt ist eine in der Umwandlung begriffene Lava, die Aufeinanderfolge der Umwandlungsprodukte läßt sich aus den in seinen Drusenräumen vorkommenden Mineralien studiren. Der wasserhaltige Zeolithbestandtheil des Basaltes ist wol in vielen Fällen ein Erzeugniß der Umwandlung, obgleich er, wenn die Basaltlava unter Wasser geflossen ist, auch gleich anfangs entstanden sein kann. In den Drusenräumen stellen sich als älteste Sekundärgebilde Arragonit und Kalkspath dar; ihnen folgt und zwar sehr häufig als Afterkrystalle oder Pseudomorphosen Sphärosiderit, indem dieses kohlensaure Eisensalz die kohlensaure Kalkerde aus ihrer Form verdrängte. Ferner kommt angesiedelt auch Kalkspath oder auf Höhlungen, in welchen er ehemals steckte, Chabazit und Mesotyp vor. Die Zeolithe haben in diesem Falle, als sie entstanden, die Kalksubstanz in sich aufgenommen, gewissermaßen verzehrt. Endlich findet man in ihm auch Grünerde, die auch in Formen von Augit sich sehen läßt und dadurch ihre nachträgliche Entstehungsweise bethätigt. Der Basalt verwittert wie der Dolerit oberflächlich zu einer braunen Masse; er zerfällt zu Lehm und Thon und bildet eine sehr fruchtbare Erde.

Basaltmandelsteine sind nicht selten, sie gleichen den Doleritmandelsteinen.

7. **Wacke** ist ein braunes, graues, rothes, schwarzes, erdiges Gestein, von der Zusammensetzung des Basaltes, in welchem Krystalle von Augit und Hornblende, Glimmer, Zeolithe, Olivin und allerlei verglühte Gebirgsarten eingeschlossen sind. Sie scheint entstanden zu sein aus staubförmigen, von den vulkanischen Kratern ausgeworfenen Bestandtheilen, welche sich durch den Stoffwechsel zu festen Massen verkitteten. Sie kommt häufig in Begleitung der Basalte vor, wird oft von Säulenbasalt gangartig durchsetzt oder von Basaltlavaströmen bedeckt. Die Wacke enthält alle Einschlüsse und accessorischen Bestandtheile wie der Basalt, namentlich sehr schöne Zeolithe. In zersetzten Gesteinen der Art kommt Brauneisenstein vor. — Dolerit, Basalt und Wacke geben gute Chaussee-, Pflaster- und die blasigen Varietäten auch ausgezeichnete Bausteine. Aus Basalt wird zuweilen grünes Glas geschmolzen.



Fig. 27. Quarzführender Porphyr an der Bergstraße.

III. Laven der älteren Erdentwicklungsperioden.

Quarzführende Laven.

Die Eruptivgesteine der früheren Erdentwicklungsperioden weichen nur insofern von den vorher betrachteten jüngern ab, als sich ihre ursprünglichen Bestandtheile weiter und weiter zersetzt und umgewandelt haben. Namentlich ist in ihrer Substanz krystallisirte Kieselerde zur Entwicklung gelangt, während wir in den Trachyten und Basalten nur amorpher Kieselerde, dem Opale, begegnen. Wir unterscheiden bei ihnen nachfolgende Hauptformen:

1. **Felsit, quarzführender Porphyr.** Der Felsit wird dicht mit plattiger Absonderung, mandelstein- und porphyrartig, von körniger und sphäroïdischer Struktur, mit massiger Absonderung gefunden. Seine Färbung geht vom Weißen durch alle Schattirungen bis zum Schwarzen; Gelb, Braun, Roth, Violblau und Grün herrschen jedoch vor. Die Festigkeit der Felsite ist sehr beträchtlich, sie verwittern nicht leicht und stehen deshalb gewöhnlich in erhabenen Kegelbergen oder in mächtigen Säulen und Platten über die Oberfläche der Umgebung hervor. Auch in diesen Fällen ist das Nebengestein abgewittert und fortgespült, während der weniger leicht zerstörbare Felsit über blieb, wie das auch bei der vorstehenden Fig. 27, Felsitporphyr an der Bergstraße, der Fall ist. Zuweilen wird der Felsit, mit

Spaltenausfüllungen zusammenhängend, als zwischen den Schichten anderer Gesteine eingelagerter Lavastrom beobachtet, so bei Zwickau und Chemnitz in Sachsen. Die Hauptbestandtheile des Gesteines sind Orthoklas und Oligoklas, denen sich im innigsten Gemenge Quarz zugesellt. Die dichten Varietäten bestehen nur aus diesem, Feldstein oder Felsit genannten Gemenge. In den körnigen Abarten liegen gemeiniglich um Feldspathkerne Felsit und Quarzschalen; bei den sphäroidischen, kugligen und mandelsteinartigen finden sich kleinere und größere Blasenräume, Drusen mit krystallisirtem Quarze, Amethyst, Kalzedon, Karneol, Achat, ferner mit Schwerspath, Braunspath, Kalkspath, Zeolith u. s. w. ausgekleidet. Die porphyrartigen Felsite bestehen aus einer amorphen oder körnigen Grundmasse, in welcher Feldspath, Quarz und Glimmerkrystalle eingewachsen liegen. Ist die Grundmasse hornartig durchscheinend, so nennt man das Gestein Hornsteinporphyr; ist sie matt, durch Verwitterung etwas angegriffen, so trägt sie den Namen Thonporphyr.

Dem Felsit sind zuweilen Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz, auch wol gediegen Kupfer eingemengt; er enthält diese Erze nebst Flußspath, Schwerspath, Kalzedon, Quarz, Rotheisenstein, Mangan u. s. w. als Kluftausfüllungen. Wenn ihm eine Beziehung zu den Erzgängen beigelegt wurde, so geschah ihm offenbar Unrecht, denn in seiner Nähe liegen wol zuweilen reiche Erzlagerstätten, solche fehlen aber weit öfter und es giebt sehr mächtige Erzlager und Erzgänge, in deren Nähe weder Porphyr, noch irgend ein anderes Eruptivgestein vorkommt. Die Ansammlung der Erze in Lagern und Spalten hat, wie wir im Verlaufe erfahren werden, einen ganz andern Grund. Daß die eruptiven Gesteine einen, indessen stets sehr geringfügigen Gehalt an Metallen besitzen, kann nicht in Erstaunen setzen; sie sind ja Bestandtheile des aus allen Elementen gemischten Erdkörpers und theilen diese Eigenschaft mit allen andern Gesteinen.

Die Felsitporphyre sind umgewandelte Obsidiane, sie wurden wahrscheinlich, ehe sie ihre jetzige Form erhielten, in Trachyt, von welchem sie zuweilen kaum zu unterscheiden sind, umgeändert. Sie tragen überhaupt, da sie als im Verlaufe von Tausenden von Jahrtausenden nach und nach an die Oberfläche traten, und sohin in sehr verschiedenem Grade die Wirkungen der umwandelnden Kräfte erlitten haben, manchfaltige Eigenschaften, so daß eine große Anzahl von Varietäten je nach ihrem Alter unterschieden werden kann. — Das Felsitgestein ist in allen ältern Formationen bis zum bunten Sandsteine herauf sehr verbreitet, es begleitet sehr oft die Steinkohlenformation und das Todtliegende in Sachsen, im Saarbrückenschen, in Schlesien, in Thüringen u. s. w. Technische Anwendung wird von den bunten Felsitporphyren gemacht, sie liefern den Stoff zu schönen Steinschleiferarbeiten. Außerdem dienen sie als Bau- und Wegverbesserungsmaterial. Der Boden, welcher aus dem Zerfallen des Gesteines hervorgeht, ist je nach Umständen sandig oder thonig; im erstern Falle fruchtbar, im letztern sehr steril. Schließlich noch die Bemerkung, daß manche plattenförmige Felsite umgewandelte Sedimentgesteine sind, indem darin Abdrücke von Thieren gefunden werden; wir werden unten weiter davon hören.

2. **Melaphyr.** Mit dem Melaphyr beginnt eine Reihe älterer Laven, welche als basische, d. h. weniger kieselerdehaltige in demselben Verhältnisse zu den Felsiten stehen, wie die Basalte und Dolerite zu den Trachyten, oder die Pyroxenlaven zu den Obsidianlaven. Der Melaphyr ist dem Basalte im Aussehen sehr ähnlich; er ist dicht und krystallinisch, mandelstein- und porphyrartig, von dunkelgrüner, fast schwarzer, brauner und röthlicher, oder auch von hellgrauer Farbe. Abgesondert ist er in Säulen, Polyëder und Kugeln; er erscheint als Spaltenausfüllung und in Lavaströmen geflossen. Seine Bergformen sind denen des Basaltes ähnlich. In seiner Zusammensetzung steht er dem Dolerit nahe, nur herrscht bei ihm Labradorit sehr vor, zuweilen ist der andere Bestandtheil fast ganz verschwunden. Es ist dies höchst wahrscheinlich Folge des Stoffwechsels; denn wenn der Dolerit sich zersetzt, wird auch der Augit als das basenreichste Silikat zuerst ausgewaschen, während der an Kieselsäure reichere Labradorit zurück bleibt. Im Melaphyr verhält sich die Menge des Labradorites zu der des Augites wie 28 zu 72 und selbst wie 18 zu 82. Die Augite sind als Krystalle in der Labradoritgrundmasse angeordnet (Augitporphyr), außerdem sind Kalkspath und krystallisirte Kieselerde, auch Kalzedon und Karneol in Flecken und Adern durch das Gestein verbreitet, wodurch es bei dunkelgrüner Grundmasse ein ausnehmend schönes Ansehn bekömmt. Die grüne Farbe verdankt die Felsart einer aus der Zersetzung des Augites entstehenden chloritartigen Substanz, der Grünerde oder dem Veroneser Grün.

Im Melaphyrmandelsteine werden die Blasenräume und Drusen durch Achat, Bergkrystall, Amethyst, Manganspath, Schwerspath, Braunspath, Kalkspath, Zeolith, Grünerde u. s. w. erfüllt. Als Kluftausfüllungen stellen sich Eisen- und Manganoxyd, Schwefelkies, Kupferglanz, Kupferlasur und Malachit, Asbest, gewöhnlich aber nur Kalkspath und Kalzedon ein.

Die Verbreitung des Melaphyrs ist nicht unbeträchtlich, namentlich ist ihm das Gebiet der sächsischen, schlesischen und pfälzer Steinkohlenformation, sind ihm Thüringen, die Vogesen, die Umgebung von Darmstadt, das weite Gebiet der Alpen angewiesen; auch aus andern europäischen Gegenden ist er bekannt. In den Gewerben findet er, insofern er porphyr- und breccienartig ist, unter dem Namen schwarzer Porphyr Anwendung zu geschliffenen Kunstwerken, ferner als Bau- und Pflasterstein. — Er verwittert zu einer fruchtbaren Erde.

3. Der **Gabbro** und **Hypersthenfels** sind dem Wesen nach aus Labradorit und einer Pyroxenvarietät bestehende Gesteine, welche öfters Quarzkörnchen im Gemenge enthalten; auch finden sich in ihnen untergeordnete Partien ausgeschiedenen Quarzes.

Der Gabbro (Euphotid), ist eine Mosaik von bräunlich-grünem Diallage oder Augit mit ölgrünem bis weißem, im Mengenverhältnisse überwiegendem Labradorit. Als accessorische Bestandtheile kommen außer Quarz noch Hornblende, Schillerspath, Glimmer, Granat, Epidot, Magneteisen, Kalkspath, Schwefeleisen, Kupferkies, Speckstein, Asbest und andere vor.

Der Hypersthenfels besteht aus denselben Gemeng- und Neben- (accesso-

rischen) Bestandtheilen, nur herrscht in ihm die Pyroxenvarietät Hypersthen vor. Er ist grün, von krystallinisch-blättrigem Gefüge. Wenn dem Hypersthenfels oder dem Gabbro Schillerspath zugemengt ist, so entsteht eine, im auffallenden Lichte metallisch glänzende Felsart, der Schillerfels, dessen Verbreitung aber auf wenige Lokalitäten beschränkt ist. Gabbro und Hypersthenfels gehören zu den in sehr frühen Erdentwicklungsperioden geflossenen, auf Spalten aus der Tiefe getretenen Laven. Ihre Absonderung und ihre Bergform sind denen des Melaphyrs ähnlich, doch herrscht im Allgemeinen die polyëdrische und Kugelabsonderung vor. Die Verbreitung dieser Gesteine beschränkt sich auf die zum ältern Theile der sogenannten Steinkohlenformation gehörigen Sedimente Nassaus und Hessens, des Harzes, Schlesiens und Oesterreichs, Ungarns, der Alpen, Oberitaliens, Corsica's u. s. w. Beide Felsarten sind ungemein zähe und schwer zu bearbeiten; sie verwittern aber leicht, weshalb wenig Gebrauch von ihnen gemacht wird.

4. **Diorit** (Grünstein, Aphanit zum Theil). Diese Felsart ist die älteste, bei welcher mit einiger Sicherheit eine der Lava gleiche Entstehung nachgewiesen werden kann; sie ist auf diejenigen Sedimente beschränkt, welche der ältern Steinkohlenformation vorausgehen, und tritt außerdem, wie das auch bei allen andern vorher aufgeführten Eruptivgesteinen der Fall ist, in den metamorphosirten Gesteinen auf. Das Gestein ist grün, dicht oder grün und weiß gefleckt, krystallinisch. Es besteht aus 80 oder 90 Theilen Feldspathmineralien, Anorthit, Oligoklas und Orthoklas und 20 oder 10 Theilen Amphibol, namentlich Hornblende. Die grüne Farbe verdankt es der innig einverleibten Grünerde. Quarzbeimengungen sind nicht selten; auch Kalkspath kommt vor. Magnet- und Titaneisen, Granat, Augit, Glimmer, Talk, Epidot, Zeolithe, verschiedene Schwefel- und Arsenikmetalle, Zinnstein und Gold begleiten ihn als Nebenbestandtheile. Alle diese Substanzen finden sich auch in Mandeln und Drusen oder auf Kluftausfüllungen krystallisirt. Die Struktur des Diorites ist dicht (man bezeichnet ihn so als Aphanit), oder krystallinisch, oder porphyrartig, oder mandelsteinartig. Seine Absonderung ist säulen-, kugel- und plattenförmig. Verbreitet ist er in Nassau, in den Vogesen, in Sachsen, am Harz, in Thüringen, in den Alpen, in Schweden, in Sibirien, wo er Gold führt, und in vielen andern Gegenden.

Auch dem Diorite ist mit Unrecht der Ehrenname „des Erzbringers" ertheilt worden; er hat aber das Erz nicht auf die Lagen und Gänge befördert, sehr oft, ja in der Regel fehlen in seiner Nähe alle solche, den Menschen erwünschte Vorkommnisse. Leider haben in den letzten Jahren manche, in den Hypothesen einer noch kaum der Kindheit entwachsenen Wissenschaft Befangene den Bergbaulustigen gerathen: „In der Nähe des Grünsteines, des Melaphyrs, des Porphyrs müßt ihr graben; diese Eruptivgesteine haben die edeln und unedeln Metalle als Dunst aus dem Erdkerne vor sich hergetrieben und auf Spalten als Sublimat abgesetzt!" Freilich ging beim Graben nach solchen Schätzen sehr oft das Gold der Unternehmer in Dunst auf, aber auch ihr Vertrauen in die Zuverlässigkeit der Wissenschaft ward erschüttert und zum Theil vernichtet —, ein Verlust, der nur dadurch wieder zu ersetzen ist, daß man den Weg der Hypothese möglichst vermeidet.



Fig. 28. Die Wirkung der Brandung auf die Küste von Irland. Brücke von Kilken.

Zweite Reihe. Sedimentgesteine.

Als die Gesteine, welche am Anfange die Erde bildeten, durch äußere Gewalt zerbrachen, als sie durch Einwirkung chemischer Agentien in Staub und Grus verwandelt wurden, entstanden aus der Zusammenhäufung ihrer Trümmer an der Oberfläche der Erde neue Lagerformen. Der Gesteinsabgang, jener Staub, ward durch die Strömungen der Atmosphäre und, sobald Wasser auf Erden war, durch dessen Bewegung, durch die Flüsse, durch Ebbe und Flut der Meere fortgeführt und an einzelnen Stellen gesammelt, um aufs Neue und zwar diesesmal in Schichten aufgebaut zu werden. Die neuentstandenen Schichten und inzwischen neu aus der Tiefe emporgetragene Eruptionsgesteine, sammt den bei den vulkanischen Ereignissen ausgeworfenen vulkanischen Aschen, Lapilli und Schuttmassen, wurden abermals durch Sturm und Wogendrang zerbröckelt, ihre Trümmer wurden verbreitet und fielen aus der Atmosphäre wie aus dem Wasser wiederum in Schichten zu Boden.

Die Sedimente sind demnach unter Beihülfe von Luft und Wasser zusammengefügte Bruchstücke der verschiedensten ältern Felsmassen. Das Wasser und die damit verbundenen Säuren wirken aber auch chemisch-auflösend auf die Gesteine und deren Abnutz ein. Die im Wasser gelösten Substanzen, als Kalk, Gyps, Steinsalz, Kieselerde und viele andere Mineralien, mußten wieder durch chemische Vorgänge ausgefällt werden, was vorzugsweise unter Mitwirkung von Pflanzen und Thieren oder auch durch Verdunstung und den Chemismus der Erde selbst geschah. Dabei geriethen Thier- und Pflanzenreste in die neugebildeten Schichten und prägten denselben Merkmale auf, welche für das Studium der Erdentwicklungsgeschichte von hohem Werthe sind.

Die Sedimente unterscheiden sich daher von den Eruptivgesteinen vornehmlich durch die Anwesenheit von Versteinerungen in ihrer Masse; sie zerfallen aber auch, je nachdem ihre Theilchen blos durch die Gesetze des Stoßes und der Schwere oder in Folge chemischer Thatkraft zusammengefügt wurden, in zwei Klassen, in die durch Absetzung und in die durch Niederschlagung gebildeten.

I. Klasse. Absatzgesteine.

Die Absatzgesteine überhaupt verdanken ihre Entstehung theils der Mithülfe von Luftströmungen und Sturmwinden, oder sie wurden durch die fließenden Wasser transportirt, und im ersten Falle auf dem Trockenen, im letztern unter Wasser in Schichten abgesetzt. Wir unterscheiden bei ihnen nachstehende Formen.

1. Die **Damm-** oder **Ackererde** wird das oberste Erdige, welches aus der Zerstörung der Felsmassen und Gesteine des Untergrundes entstand und entweder am Orte seiner Bildung liegen blieb oder auch durch Wind, durch Regenfluten und Flußströmungen an andere Orte geführt wurde, genannt. Die Mischung der Dammerde ist natürlich sehr verschieden, ihre Kenntniß ist aber für den Oekonomen und Forstwirth sehr wichtig. Je nach den Bestandtheilen, welche in ihr vorherrschen, benennt man die Dammerde in folgender Weise:

a. Sandboden besteht hauptsächlich aus Körnchen von Quarz, Feldspath und Glimmer, denen oft etwas Thon und Eisenoxyd, auch Pflanzenmoder zugemischt ist. Er läßt das Wasser schnell durch, trocknet schnell aus und ist bei gehöriger Befeuchtung auch fruchtbar.

b. Thon- oder Kleiboden enthält vorherrschend Thon, welcher zuweilen mit Quarz oder Kalk gemischt ist. Sehr oft ist er roth oder braun gefärbt, jedoch auch blau (durch Pflanzenreste) und selbst farblos. Dieser Boden läßt die Pflanzenwurzeln nur schwer eindringen; er zerreißt beim Austrocknen und zerstört dabei die feinern Wurzelfasern. Durch eingesogenes Wasser wird er knetbar (plastisch).

c. Kalkboden besteht vorzugsweise aus Kalkstaub, womit stets etwas Thon, zuweilen auch etwas Sand vermischt ist. Bei ungünstiger Lage trocknet der hellfarbige Kalkboden zwar sehr leicht aus und zerfällt in Staub; kann er aber genügend bewässert werden, so erscheint er fruchtbar und warm.

d. Mergelboden ist aus Kalk und Thon gemischt und dem Pflanzenwuchse besonders dann sehr günstig, wenn er einen so großen Sandgehalt besitzt, daß er beim Austrocknen nicht rissig wird.

e. Lehmboden besteht vorherrschend aus Lehm, ist gelb, bindet viel Wasser, ohne plastisch zu werden, reißt beim Austrocknen nicht und gehört zu den besten Bodenarten für Feldkultur. Er enthält in der Nähe von Granit-, Syenit- und Basaltbergen Thon und Kiesel mit viel Kalk, Kali und Natron, welchen öfters phosphorsaure Verbindungen zugemischt sind.

f. Der Humus- oder Moorboden enthält beigemischt Sand, Thon, Kalk und 2—4 Proc. eigentlichen Humus- oder Moorerde. Bei schwammiger Beschaffenheit zieht er viel Wasser an, trocknet langsam und zerfällt dabei endlich zu Staub. Seine schwarze Farbe veranlaßt eine starke Wärmestrahlung, indem er über Tage die Sonnenwärme aufnimmt und Nachts allmälig abgiebt. Er gehört zu den besten Ackerbodenarten.

Die Stärke der Dammerde ist sehr verschieden entwickelt. Auf manchen Bergen fehlt sie fast ganz, es stehen die nackten Felsen zu Tage, und kaum in Rissen und Spalten finden sich Spuren von Dammerde; andere Landschaften dagegen, namentlich Flußthäler und Ebenen, werden oft viele Fuß hoch mit dieser fruchtbaren Erde bedeckt gefunden. Die Dammerde wird zwar auch auf den höhern Felsen der Gebirge fortwährend durch Einwirkung der Flechten, Moose und Alpenpflanzen erzeugt, vermag sich aber nicht zu halten. Der heftige Wind und die gewaltsam herabstürzenden starken Regengüsse treiben sie baldigst dem Thale zu und die Bäche der Hochgebirge transportiren sie nach den Flüssen. Mit dem eigentlichen Humus vermischt sich dann das zersetzte, verwitterte Gestein, Glimmerblättchen, Quarzkörner u. s. w. Das von den schäumenden Wassern fortgeschaffte Geröll reibt seinerseits ununterbrochen an den Felsblöcken des Strombettes, rundet sie ab, wie uns die Felsen der Moldaufälle bei Hohenfurt auf Abbildung S. 61 deutlich zeigen, und läßt das gewonnene Material an den ruhigern Stromstellen zu Boden sinken. So senden die höhern Gebirge Humus und Grus gemengt nach den Thälern und bauen neue Erdschichten aus den Trümmern ihrer Gesteine und Organismen.

2. **Lehm, Löß** ist eine gelblich braune, feinerdige, aus sandigen Theilen von Quarz, Feldspath, Labradorit, Kalk u. s. w. in einem thonigen Bindemittel bestehende lockere Erdart. An organischen Ueberresten finden sich in Lehm zerstreut: mit Kalk überzogene Pflanzenbruchstücke und allerlei Schneckengehäuse. Er ist der Staub der nächsten festern Gesteine, den entweder das Regenwasser auf dem Filtrum des Rasenbodens gesammelt oder den es in die Flüsse herabgewaschen hat. Sobald letztere aus ihrem gewöhnlichen Bette heraustreten und die benachbarte Thalebene überschwemmten, setzte er sich auf letztere ab. Er bildet die lehmige Dammerde und wird als Baumaterial vielfältig angewendet.

3. **Thon** ist eine graue, gelbe, rothe, schwarze, weiße, fettig anzufühlende, bildsame Substanz, die vorzugsweise aus kieselsaurer Thonerde nebst Sand und Eisenoxyd, kohligen Theilen und zuweilen etwas Kalk besteht. Der Thon geht aus

der Zersetzung des Feldspathes, Labradorites und anderer, Thonerdesilikate enthaltender Mineralien, auch aus der Veränderung des in Sümpfe und Seen gespülten Lehmes hervor. Er ist der feinste, am weitesten von den Flüssen fortgeführte, nur in sehr ruhigen Wasserbassins zum Absatze kommende Schlamm. Als solcher enthält er gewöhnlich größere oder kleinere Reste von Land-, Fluß-, See- und Meerbewohnern, sehr oft auch mit Schwefeleisen überzogene Pflanzentheile; kleine Gypskrystalle, welche sich aus der Zersetzung jenes Schwefeleisens und des kohlensauren Kalkes der Muscheln bilden, finden sich in ihm. Seine chemische Zusammensetzung ist sehr wechselnd: 40—70 Proc. Kieselerde, 50—18 Proc. Thonerde, der Rest Kali, Natron, Kalk, Eisenoxyd, Bitumen und 6—12 Proc. Wasser. Der Thon ist sowol Sumpf- als See- und Meerabsatz und kann sogar durch die Schlammvulkane und Salsen in vulkanischen Gegenden entstehen. Niemals ist er jedoch wie der Lehm ein auf dem trocknen Lande entstandenes Sediment.

Der Thon findet bekanntlich in den Gewerben vielfältige Anwendung.

Porzellanjaspis entsteht aus dem Thone, welcher Braunkohlenflötze begleitete, die in Brand gerathen sind. Er ist ein gebrannter, rother, blauer, gelber oder weißer, jaspisartiger Stein, oft durch eingestreut gewesene Pflanzenreste von schiefriger Struktur.

4. Der **Schieferthon**, von verschiedener, meist rother und grauer, grüner oder schwarzer Farbe, zeigt, wie sein Name sagt, ein schiefriges oder blättriges Gefüge und theilt sich in Bänke und Schichten. Er ist erdig mit ebenem und muschligem Bruche. Die ganze Masse des Schieferthones besteht aus denselben Gemengtheilen wie die des Thones, jedoch sind letztere schon zu verschiedenen neuen Verbindungen zusammengetreten. Ueberall im Gesteine zerstreut und auf den Schichtungsflächen im Parallelismus angeordnet, liegen punktfeine Glimmerblättchen und Schüppchen von Eisenoxyd umher. Mit Wasser befeuchtet, zerblättert das Gestein, wird aber erst alsdann plastisch, wenn es vorher zerstampft oder viele Jahre lang der Verwitterung preisgegeben war. Säuren ziehen aus ihm kohlensaure Kalkerde und kohlensaures Eisenoxydul, gallertige Verbindungen von Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Magnesia, Kali und Natron, und lassen einen mit Kohlenstaub und Sand vermischten Rückstand, ebenfalls ein Silikat von Thonerde, Eisenoxyd und Kalk. Versteinerungen von Pflanzen und Thieren finden sich oft und sind häufig die Veranlassung zur Schichtung gewesen. An diese organischen Reste ist gewöhnlich das Vorkommen von Schwefelmetallen: als Schwefeleisen, Schwefelkupfer, Schwefelzink, Schwefelblei u. s. w. gebunden; ja diese Schwefelmetalle sind sogar gewöhnlich in die Form jener Thier- und Pflanzenkörper übergegangen und stellen sich pseudomorph nach denselben dar, oder sie haben sich um dieselben herum gruppirt und zeigen die Abdrücke jener Gebilde. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der Schieferthon aus Thon entstand, dessen Bestandtheile vielleicht durch Zuführung geringer Antheile Kiesel- und Kalkerde enger an einander wuchsen, daß er ein erhärteter Thon ist.

Sehr kohlenhaltigen Schieferthon nennt man Brandschiefer. Enthält er zugleich Schwefeleisen, dessen Verwitterung Vitriol- und Alaunbildung veranlaßt,



Fig. 29. Die Moldaufälle bei Hohenfurt.

so heißt er Alaunschiefer. Ist der Schieferthon reicher an Kupfererzen, so wird er als Kupferschiefer bezeichnet. Der Schieferthon ist in den mittlern Sedimentformationen verbreitet, reicht aber, wie der Thon selbst, auch in die ältesten hinab, während er in den jüngern nur selten vorkommt, weil in diesen der Thon in der Regel noch nicht weit genug umgewandelt ist.

Eine technische Anwendung wird vom Schieferthone nicht gemacht, wohl aber gewinnt die Industrie Alaun, Eisenvitriol, Kupfer, Photogen (ein leicht entzündliches Oel) daraus.

5. Die **Thonschiefer** sind gelbweiße, grüne, blaugraue, rothe, braune, schwarze, dünnschiefrige Gesteine, die auf der Schieferung feingestreift und deshalb seidenglänzend, dabei aber oft sehr fest sind. Sie gehören vorzugsweise den ältern Formationen zu und nur ausnahmsweise kommen sie in den mittlern vor. Bei sehr genauer Untersuchung und Anwendung von Vergrößerungsgläsern bemerkt man in dem Gesteine feine Glimmerschüppchen, die sich zuweilen dicht anhäufen. Diese Glimmerschüppchen sind von sehr verschiedener chemischer Zusammensetzung, wie das bei solchen in der Entstehung begriffenen Mineralien zu erwarten ist. Mit ihnen kommt zuweilen Albit vor, der die Schiefer mit seinen Krystallen durchwächst, also ebenfalls sekundäres Erzeugniß ist. Auf diese Weise stellt sich der Zusammenhang des Thonschiefers mit den krystallinischen Gesteinen her; denn noch ein wenig mehr Krystallentwicklung und das Gestein wird Serizitschiefer, Gneus oder Glimmerschiefer, Uebergänge, welche in der Natur wirklich stattfinden.

Die Thonschiefer sind geschichtet mit quergehender (transversaler) Schieferung, wie es auf nebenstehender Abbildung deutlich wahrzunehmen ist. Nach den Flächen der Schieferung lassen sich die Thonschiefer in dünne Platten spalten. Wo diese Spaltung rein und vollständig erfolgt, wird das Gestein als Dach- und Tafelschiefer verwendet.

Auch im Thonschiefer liegen, wie im Schieferthone und Thone, unzählige Pflanzen- und Thierreste. Die ersteren in den zierlichsten Abdrücken, die letzteren sehr oft in hellglänzenden Schwefelkies, gewöhnlich aber in Kalkspath verwandelt und umgeben von einer Schicht Kieselerde.

Die Kieselerde, welche sich in den Thonschiefern sehr oft gangförmig angesammelt hat und ihn wie ein weißes Adernetz durchzieht, durchdringt zuweilen dessen Masse dergestalt, daß dadurch eine unter der Bezeichnung Kieselschiefer, Adinolschiefer unterschiedene Spielart entsteht. Die Adinolschiefer enthalten in der Regel Kali und Natron in einer feldspathähnlichen Verbindung mit dem Kiesel und Thone. Sie umschließen ebenfalls Thierreste, oft die feinsten zerbrechlichsten Schalen der Meeresbewohner in sehr großer Menge, wodurch ihr sedimentärer Ursprung unzweifelhaft festgestellt wird. Den Thonschiefern sind Schwefeleisen, Schwefelzink, Schwefelblei, Schwefelkupfer als Nebenbestandtheile beigemengt; Sphärosiderit und Brauneisenstein hat sich zwischen ihre Schichten in Kugel- und Sphäroïdformen eingedrängt. Auf Lagern, Spalten und Gängen kommen die reichsten Eisen-, Kupfer-, Blei und Silbererze nebst andern nutzbaren Metallen eingebettet in Quarz, Kalkspath, Zeolith und dergleichen Mineralien vor,

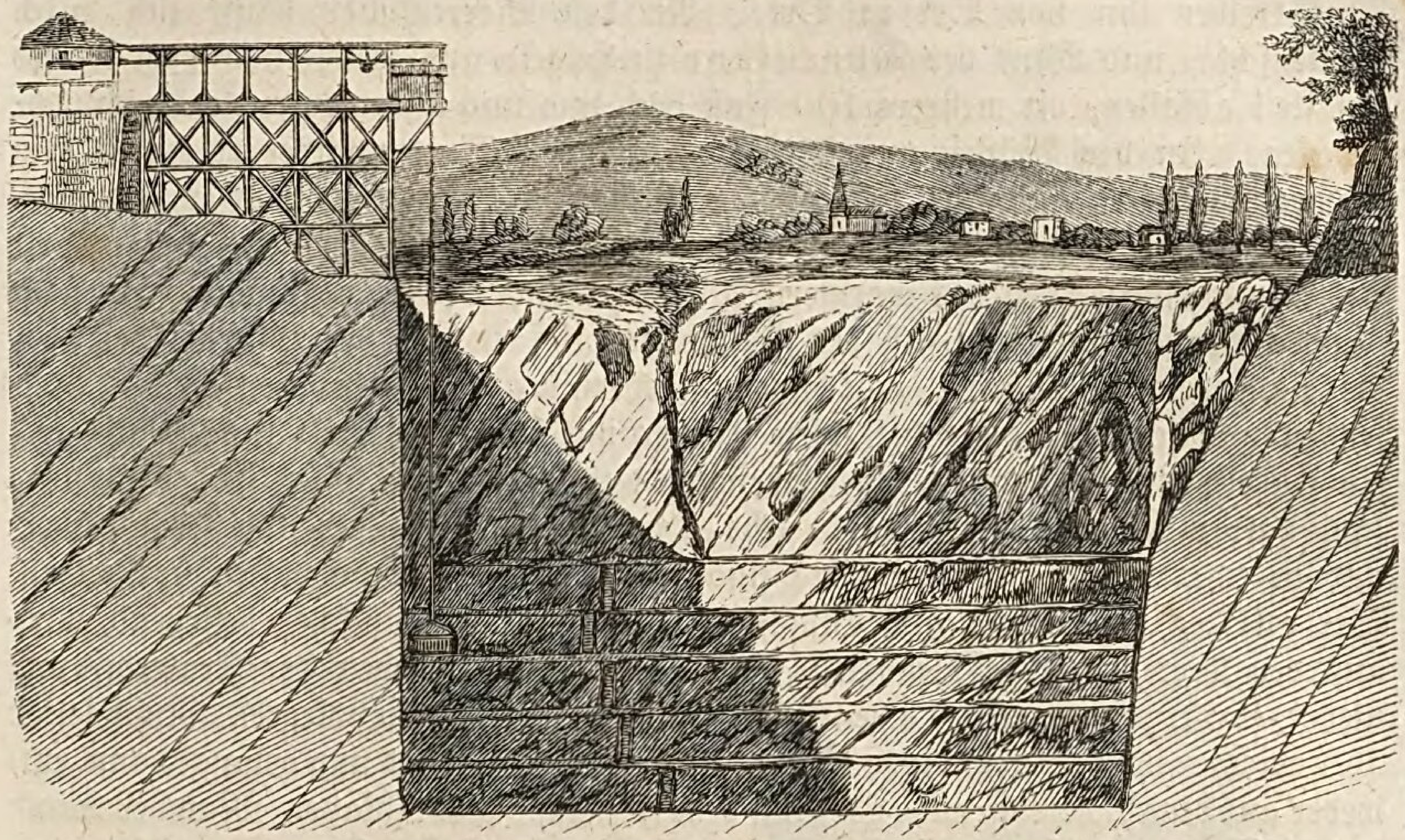


Fig. 30. Gewinnung von Dach- und Thonschiefer.

so daß die ältesten und umfangreichsten Bergwerke darin betrieben werden. — Die Verbreitung des Thonschiefers auf Erden ist sehr groß; er bildet steilgehängige, felsige Berge.

6. **Sand und Gerölle.** Wie wir die Betrachtung der Thongesteine mit dem Lehm und Thon begonnen haben, so setzen wir an die Spitze der Conglomeratgesteine den Sand und die Gerölle. Aus dem Zerfallen der Gesteine entstehen Schutthaufwerke der verschiedensten Art. Dies Zerstören der festen Gesteine wird bewirkt durch die felsspaltende Kraft des Wassers, welches zu Eis erstarrt; die festesten Felsen werden zerrieben durch die Gletscher, welche zu Thal steigen. Ebenso unablässig arbeiten die Wasser, die sich in Cascaden von Fels zu Fels stürzen, oder die als brandende Meereswogen die Küsten peitschen. Aber auch die eingeengten Dämpfe der Tiefe zerbrechen den festen Bau der Erdrinde und schleudern, sich frei machend, ihre in Staub zertrümmerten Fesseln vor sich her. Der Wind und Sturm trägt die Aschen der Vulkane sowol, als die vom Wellenschlage an die Küste zurückgeworfene Sanddüne weit über Land, und in den Wüsten dienen solche Gesteinbruchstücke dem Samum zum Spiele. Unausgesetzt zerstörend, aber auch ebenso rastlos Neues bildend, sehen wir auch hier bewundernd die Naturkräfte walten!

Der Ausdruck Sand bezeichnet die rundliche, nicht über Senfkorngröße reichende Körperform aus den verschiedensten Materien, als: Korallen, Muschelschalen, Kalk, Quarz, Lava, Augit und Gesteinen aller Art bestehend, insofern nur diese Körnchen lose nebeneinander liegen. Der Sand ist geschichtet oder ein ungegliedertes Haufwerk. Er ist in hohem Grade beweglich; der Wind, die

Flut treiben ihn von Ort zu Ort. An den Meeresküsten häuft sich durch Wellenschlag und Wind der Dünensand zu Hügeln auf, welche nach dem Meere hin steil abfallen, oft mehrere 100 Fuß hoch sind und mitunter weite Landstriche bedecken. In den Wüsten und selbst auf sandigen Ebenen bildet er unter dem Namen Flugsand ähnliche Hügel; von Wasser durchdrungen, stellt er den flüssigen Triebsand dar. Der lose Wüstensand ist es, welcher das benachbarte Afrika und einen Theil des wärmern Asiens so schwer zugänglich macht. In seine weichen Massen sinkt der Fuß des Wanderers tief ein und der Sturm, der über die Sandebene dahin fährt, von keinem Hinderniß aufgehalten peitscht dem Reisenden und seinem Thiere die losen Körner mit solcher Gewalt ins Gesicht wie ein Hagelwetter. Je nach den beigemengten anderweitigen Stoffen ist der Wüstensand bald mehr weiß, anderwärts geht er vom Gelb zum Roth und Braun über, und in einigen Gegenden Persiens sind sogar schwarze Sandwüsten vorhanden. Der vulkanische Sand, aus Bimsstein, Augit und Lavastückchen bestehend, wird aus den Kratern ausgeschleudert. Fällt derselbe dicht neben der Krateröffnung nieder, so vergrößert er den eigentlichen Vulkankegel (Eruptionskegel). Nicht selten aber wird er vom Sturmwinde Meilen weit hinweg geführt und gelangt dann entweder auf dem Meeresgrunde oder auf dem Festlande zum Absatze. Mancher Sand enthält Magneteisen, er ist schwarz, oder Gold, der Goldsand, oder Platina, oder andere Metalle. Auch Edelsteine, als Topas, Zirkone, Hyazinthe, Demanten, finden sich im sogenannten Edelsteinsand.

Auch im Sande liegen Thier- und Pflanzenreste begraben; im Dünen-, Wüsten- und im vulkanischen Sande der Eruptionskegel natürlich nur wenige oder keine, dagegen in allem unter Wasser abgesetzten Sande der Flüsse, Seen und der Meeresküste unzählige.

Gerölle oder Grand bezeichnet ebenfalls nur eine Körperform; denn das abgerollte Gestein, welches man so nennt, enthält Bruchstücke der verschiedensten Zusammensetzung. Die Grandmassen sind aus durch Wasserbewegung, Gletscherthätigkeit, Katarakte, Cascaden, rasch fließende Bäche, die Meeresflut und Ebbe abgerollten Gesteinbrocken entstanden. Organische Reste konnten sich in ihnen nicht erhalten, weil sie zermalmt wurden, deshalb sind alle Gerölllager versteinerungsleer.

7. Der **Sandstein** ist nichts anderes als verkitteter Sand. Die leeren Räume zwischen den Sandkörnchen sind von irgend einem Stoffe erfüllt, wodurch sie aneinander befestigt und zu einer zusammenhängenden Masse verbunden worden sind. Dem Bindemittel verdankt der Sandstein in der Regel seine Färbung und seinen Namen.

Quarzsandstein besteht aus Sandkörnchen durch Kieselerde verkittet; er ist gewöhnlich weiß und sieht oft wie geschmolzen, glasartig aus, ist jedoch stets Sediment. Man nannte ihn oft Quarzfritte und hielt ihn für ein Produkt der Vulkane.

Kalksandstein enthält ein weißes kalkiges Bindemittel. Beim

Thonsandstein ist das Bindemittel weißer, gelber oder rother Thon und die Farben des letztern sind dem ganzen Gesteine eigen.

Grünsandstein wird durch chlorisches, grünfarbiges Cement verkittet, oder er enthält viele Körnchen Grünerde eingestreut.

Barytsandstein ist durch Schwerspath verkitteter Sand. Viele Sandsteine sind so feinkörnig, die Körnchen verschwimmen dergestalt in das quarzige Bindemittel, daß sie wie eine homogene Masse erscheinen; man nennt sie Quarzit.

Die Quarzite sowol als auch andere grobkörnigere Sandsteine umschließen öfters unzählige Schüppchen glimmerartiger Mineralien, welche ihnen eine Schieferstruktur geben. Auch andere Mineralien als Schwefelkies, Bleiglanz, Kupfererze, selbst gediegen Kupfer, Silber und Gold sind den Sandsteinen beigemengt, auch kommen Eisenerze, Quarz und einige andere Mineralien auf Gängen darin vor, jedoch weit seltener als im Thonschiefer und Schieferthone.


Fig. 32. Fossile Baumstämme aufrechtstehend im Sandsteine.

Wie der Sand arm an Versteinerungen ist, so auch der Sandstein. In manchen mächtigen Ablagerungen findet man nur äußerst selten Fußspuren oder sonstige Reste von Thieren; kommen ja einmal Pflanzen vor, so sind sie einzeln zerstreut und oft, was sehr beachtenswerth ist, aufrechtstehend verschüttet, wie durch Flugsand begraben. Das nebenstehende Bild stellt zwei dergleichen verkieselte Baumstämme dar. Die Sandsteine sind gewöhnlich in Quadern abgesondert und meistens deutlich geschichtet. Sie werden vielfältig als Bausteine verwendet und finden auch sonst in den Gewerben, namentlich beim Metallhüttenbetrieb und als Schleifsteine vielfältige Anwendung.

8. **Conglomerate und Puddingsteine.** Wenn sich zwischen die einzelnen Geschiebe eines Geröllhaufwerkes irgend ein verkittendes Cement legt, so entsteht ein Conglomerat. Sind die verkitteten, etwa aus einem Erdfalle oder Bergsturze hervorgegangenen Stücke scharfeckig, so nennt man das Gestein Breccie oder Puddingstein. Das Bindemittel ertheilt auch den Conglomeraten die Farbe, wie sie überhaupt nichts anderes als Sandsteine von grobem Korne sind. Auch sie werden nach Maßgabe der Verkittungsmittel, Kiesel-, Thon-, Eisen-, Kalk-Conglomerat genannt. Letzteres, in der Schweiz sehr häufige Gestein heißt dort, weil an Felswänden die Geschiebe wie Nagelköpfe hervorstehen, Nagelfluhe. Die vulkanischen Conglomerate sind vulkanische Auswürflinge gröberen Kornes, man unterscheidet sie nach den Laven, in deren Begleitung sie vorkommen, als: Basalt- Trachyt- (Traß), Phonolith-, Melaphyr-, Felsit-, Diorit-Conglomerat. Sie gehören zu den Sedimenten und enthalten häufig Versteinerungen. Die Conglomerate sind eigentlich nicht geschichtet, sondern durch zwischen-

gelagerte Sandstein= oder Schieferthonschichten in einzelne unregelmäßige Bänke abgetheilt. Dergleichen Conglomeratbildungen läßt der Sandstein der ältern devonischen Formation nicht selten erkennen. Er zeigt gleichzeitig auch in seiner Lagerung das Auftreten von Streifen in verschiedener Richtung; so auf nachstehendem Bild, das einen Sandsteinfelsen jener Formation bei Ballyhack, in der Grafschaft Wexford darstellt. Die Conglomeratpartien sind durch Punkte bezeichnet. Gleichzeitig giebt



Fig. 33. Sandstein aus Conglomerat bei Ballyhack, Grafschaft Wexford.

auch dieselbe Abbildung ein Beispiel von divergirenden Streifen, wie dergleichen häufig vorkommen. Von der Schichtung abweichend, sind entweder verschiedenfarbige oder verschieden im Korn zusammengesetzte Lagen in spitzen Winkeln übereinander geschoben. An den Schutthaufwerken, welche Bäche an ihrer Einmündung in Seen aufhäufen, bemerkt man diese Anordnung, diese Wechsellagerung von Geschieben und Schlamm; in den Sanddünen tritt dagegen die im Sandstein so oft bemerkbare Anordnung der verschieden gefärbten oder gekörnten Massen in Folge stärkerer oder schwächerer Windströmung hervor.



Fig. 34. Bahr el Mandra, ein Natronsee in Fessan.

II. Klasse. Niederschlaggesteine.

Das Wasser, welches die Erdschichten durchsickernd als Quellen wieder an die Oberfläche gelangt, hat sich auf seinem Wege mit allerlei Stoffen beladen. Es hat Kieselerde, kohlensaures Kali und Natron, Kochsalz, Gyps, Verbindungen von Kalkerde, Bittererde, Eisen- und Manganoxydul mit doppelt so viel Kohlensäure, als in dem uns als festes Mineral bekannten Kalkstein, Dolomit und Sphärosiderit gebunden sind, nebst allerlei andern Erd- und Metallsalzen aufgelöst und trägt diese Last, den Augen unsichtbar und nur durch Anwendung chemischer Mittel erkennbar, in Bächen und Flüssen dem Meere zu. Aber dem Wasser wird sein Raub nicht gegönnt, die Pflanzen und Thiere streiten sich um ihn und gewinnen ihm gar vieles wieder ab, wobei sie als Siegeszeichen der abgenommenen Beute ihre Formen aufprägen. Einen anderen Theil jener, der Erdfeste entnommenen Stoffe verläßt das Wasser selbst, indem es sich verflüchtigend mit dem Luftkreise vermählt. Der Sturmwind trägt es in den Wolken aufs Neue nach dem Festen, damit es daselbst neue Thaten verrichte. Wie groß die Wirkung der im Stillen wirkenden Lösungskraft des Wassers ist, werden wir im Verlaufe unserer Schilderungen eingehender nachweisen. Ebenso geheimnißvoll und geräuschlos wie das Wirken der Kräfte, welche zerstören, ist auch die Thätigkeit der neue Bildungen erzeugenden, welche jenen allenthalben in der Natur entgegentreten. Ungezählte

Myriaden mikroskopischer Thier= und Pflanzenindividuen entnehmen dem Wasser jene Mineralien wieder, bauen daraus Inseln und Festland mit mächtigen Gebirgen und bereichern sie mit Erzen und andern von den Menschen hochgeschätzten Stoffen. Die unsichtbare Diatomee, das kleine Wassermoos, die Alge fällen den Kalk, Dolomit und die Kieselerde in Massen; das Korallenthier, die Muschel, das panzertragende Infusionsthierchen zerlegen die Salze und befestigen den aufgelösten Kalk und Kiesel zu Felsen. Die verwesende Pflanze, die in den Schlamm begrabene Thierleiche fällen Schwefelmetalle und erzeugen die Kohlenablagerungen, aus deren Verwendung der Mensch Macht gewinnt, die wilde Naturkraft zu seinem Dienste zu verwenden. So wird das Unscheinbarste das Mittel, dem Menschengeiste zur Erreichung seiner Zwecke zu verhelfen, und in dem großen Meisterwerke der Natur greift selbst das unsichtbar kleine Geschöpf mittelbar mit ein in die Entwickelung des Menschengeschlechts und in die Geschicke der Völker. Zu den aus dem Wasser niedergeschlagenen Gesteine zählen wir nachstehende:

1. **Kalkstein.** Die Kalksteine der verschiedenen Formationen sind im Ansehen so außerordentlich verschieden, daß jedes geübte Auge sie augenblicklich unterscheiden kann. Sie sind meistens von hellen Farben, weiß, grau, gelblich, röthlich, bräunlich, kommen jedoch auch schwarz und tiefroth gefärbt vor; ebenso auch gestreift, wolkig oder geadert. — Sie sind dicht, erdig, krystallinisch, porös, stänglig, fest= und loskörnig; sie sind geschichtet und in polyëdrische Theilstücke abgesondert. Immer aber bestehen sie aus kohlensaurem Kalke, immer lassen sie sich mit dem Stahle ritzen, brausen mit Säure begossen auf und geben gebrannt den Aetzkalk. — Als häufige begleitende Bestandtheile sind Thon, Eisenoxyd und Bittererde zu nennen. Eine größere Menge Thon verwandelt den Kalkstein in Mergel, mehr Eisen, sei es nun als Oxyd oder Hydrat oder kohlensaures Salz vorhanden, erzeugt den Eisenkalkstein, mehr Bittererde macht ihn zu Dolomit, von welchem wir noch besonders reden. Bituminöse Substanzen und Kieselerde sind ebenfalls ein häufiger Nebenbestandtheil des Kalkes und fehlen kaum jemals. Verschiedene Schwefelmetalle, als Schwefelkies, Kupfererze, Bleiglanz, Zinkblende und die daraus hervorgehenden Karbonate (kohlensaure Salze), sind nicht selten den Kalken beigemengt. Zu den ungewöhnlichen Beimengungen gehören Feldspath, Albit, Glimmer, Wollastonit, Granat, Epidot, Strahlstein, Asbest und andere Silikate; sie sind sämmtlich solchen krystallinischen Kalken eigen, welche durch die in den Erdschichten vorgehenden chemisch=elektrischen Processe in der Umwandlung begriffen sind, deren letztes Resultat die krystallinischen Schiefergesteine sind.

Pflanzen= und Thierresten begegnen wir im Kalksteine überall und in der größten Menge. Neben den Diatomeen, diesen dem bloßen Auge unsichtbaren Pflanzen, betheiligen sich die feinfädigen Conferven, die Algen und Moose, welche ganz im Wasser eingetaucht wachsen, an der Ausfällung des kohlensauren Kalkes, indem sie, Kohlensäure in ihr Gewebe verbrauchend, solche aus dem im Wasser löslichen doppeltkohlensaurem Kalke (Kalkbikarbonat) abscheiden und dabei das einfach gesäuerte Kalkkarbonat auf ihre Oberfläche ausfällen (vergl. Fig. 27, welche mit Algen bedeckten Meeresgrund darstellt). Der so in Masse überall nieder=

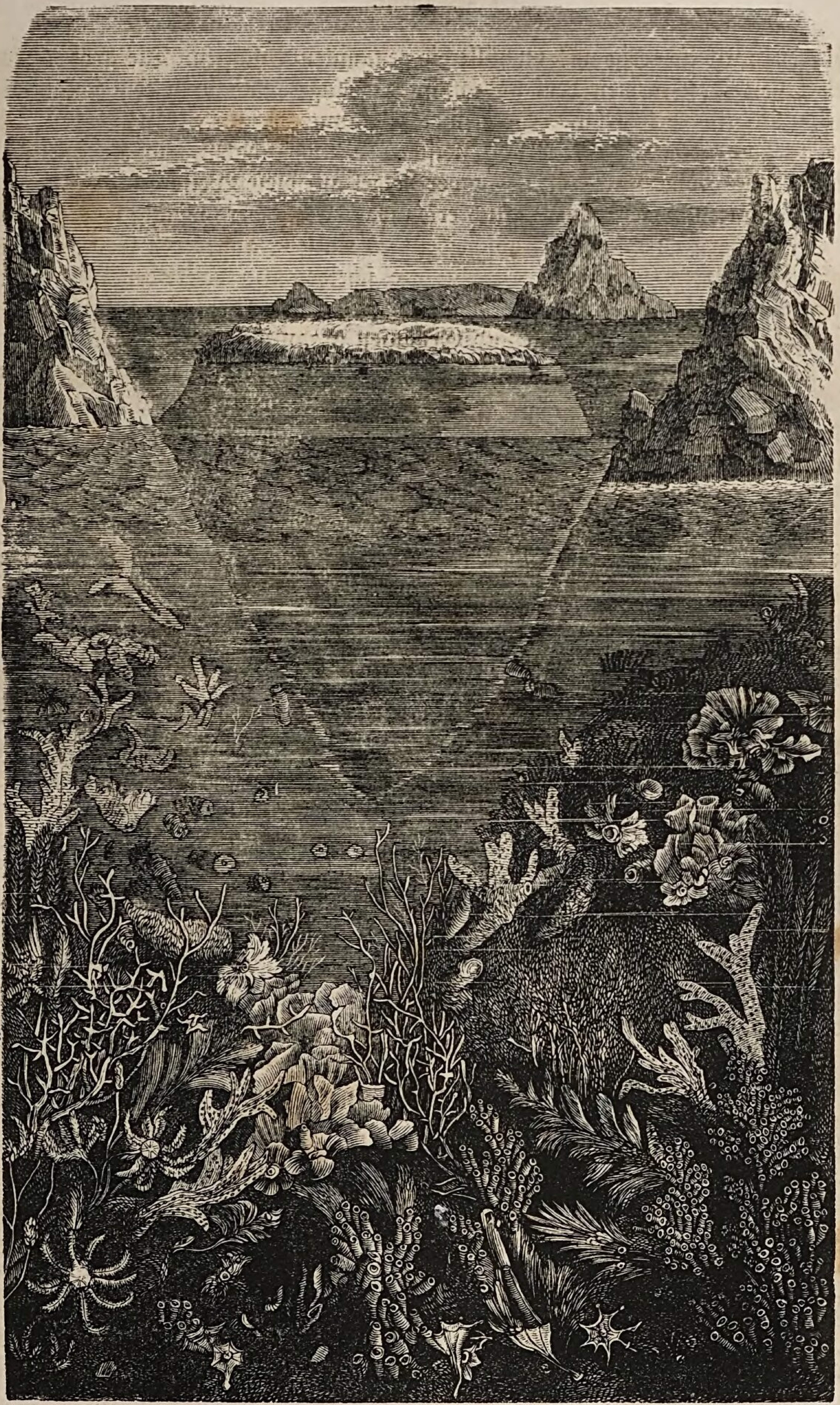


Fig. 35. Die Korallen als Kalkfels bauende Thiere.

geschlagene Kalk ist erdig und umhüllt die genannten Pflanzen. Die größeren derselben lassen ihre Formen dem unbewaffneten Auge sichtbar in dem schlammigen Gesteine als Abdruck zurück. Solchen Kalk nannte man Kalktuff oder Travertin, auch Algenkalk. Der zwischen Muschelschalen und Korallenstöcken vorkommende erdige Kalkstein ist in der Regel auf diese Weise gebildet, sehr oft sind die Pflanzenformen noch deutlich erkennbar. Besonders wichtig werden in unsern Süßwassern durch dieses Ausscheiden des Kalkes, außer den Conserven, die Armleuchter-Arten (Chara). Die Pflanze scheidet also direkt den Kalk aus der wässrigen Auflösung, während das Thier ihn erst durch seinen Organismus führen muß, um ihn in seinen Knochen und Gehäusen organisch geformt abzusetzen.

Die riffbauenden Korallen haben schon vor vielen Jahrtausenden in derselben Weise am Aufbau mächtiger Felseninseln gewirkt, wie sie heute noch wirken. Die Abbildung auf S. 69 zeigt uns solche Polypen und eins ihrer Bauwerke, jene eine ringförmige, kaum über das Meer erhabene Insel. In Gewässern, in denen diese Riffbauer nicht leben können, werden sie ersetzt durch die Foraminiferen, kleine, zierlich gestaltete, Gehäuse tragende Weichthiere, und anderwärts vermehren die Schalen unzähliger Muscheln, Schnecken und Schalenkrebse die abgelagerte Kalksteinmasse. An die vielfache Benutzung, welche man vom Kalksteine und Marmor in der Kunst und den Gewerben macht, brauchen wir kaum zu erinnern. Die Verbreitung dieser Gesteine ist in allen Gesteinsformationen groß.

2. Der bereits genannte **Dolomit** ist ein gelber oder weißer, selten rother und brauner, krystallinischer, zuckerkörniger bis dichter, staubartiger bis fester, aus kohlensaurem Kalke, kohlensaurer Bittererde und Eisen- oder Manganoxydul gebildeter Kalkstein. Sehr häufig entsteht derselbe als Absatz von Quellen, er kann sich aber auch bilden, indem aus bittererdehaltigem Kalksteine ein Theil Kalkerde ausgelaugt wird. Ebenso kann er entstehen, wenn der Kalkstein durch die Tagwasser Bittererde zugeführt enthält, welche jenen höher liegenden Gesteinen entnommen ist. Die Dolomite sind oft blasige, immer in rauhen Felswänden anstehende, das Pflanzenwachsthum nicht fördernde Gesteine. Als Nebengemengtheile kommen in manchen Dolomiten die Mineralien vor, welche wir bereits als begleitende Bestandtheile des krystallinischen Kalksteines kennen lernten.

III. **Kieselguhr, Polirschiefer, Kieselsinter.** Die Kieselguhre und der Polirschiefer sind feinerdige, weiße, selten graue oder gelbliche, in Lagern vorkommende Massen, welche aus sehr reiner Kieselerde bestehen. Dieselbe ist vorhanden in den Formen unzähliger Diatomeenschälchen, von denen Billionen auf den Kubikzoll gehen. Diese kleinen, sich unendlich rasch vermehrenden Pflanzen scheiden aus dem Wasser, in welchem sie wachsen, die Kieselerde aus und legen sie als feinen Schlamm zu Boden. Die norddeutsche Ebene ist sehr reich an solchen Lagern; Berlin steht auf einem solchen, von welchem einige Stäubchen vielmal vergrößert in Fig. 36 mitgetheilt werden.

Wenn die Schälchen durch Einseihungen von Kalk oder Thon zu einer festen Masse verbunden wurden, so entstehen aus dem Kieselguhr feste Quarzgesteine. In

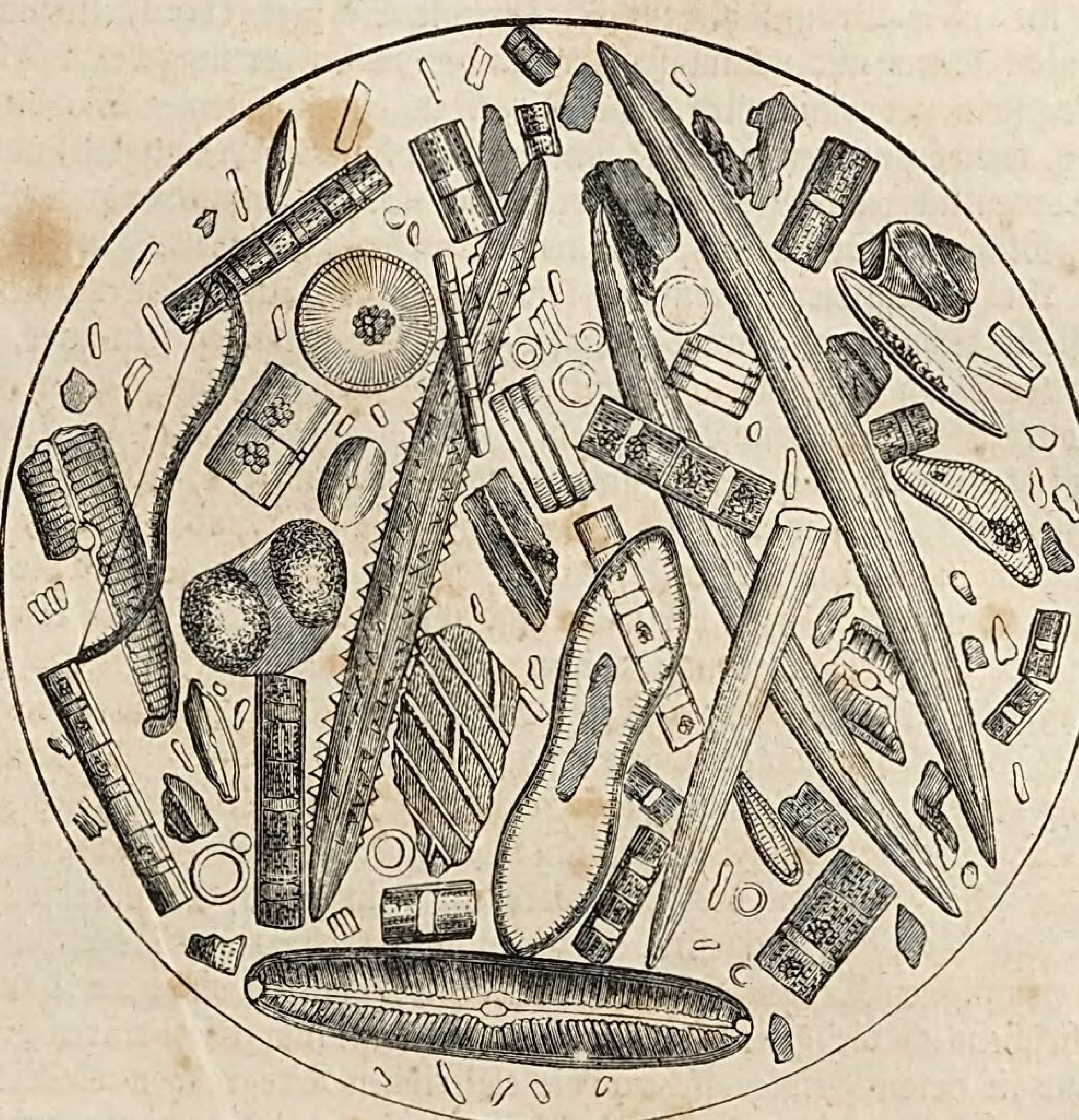


Fig. 36. Lebende Diatomeen und Infusorien als Lager unter Berlin. Stark vergrößert.

solchen, selbst aus sehr alten Formationen fand Ehrenberg, dieser unermüdliche Forscher in der mikroskopischen Welt, zahllose Diatomeen und erwies dadurch, daß zu allen Zeiten der Erdentwicklung auch diese unscheinbarsten Geschöpfe an der Umwandlung und dem Aufbau der Erdfeste Antheil nahmen, daß sie zu allen Zeiten dem Wasser feste Stoffe entrissen und in Gemeinschaft thätig den Meeresboden zum Festlande emporgehoben haben. So klein, so unscheinbar die einzelne Diatomee ist, im Verbande mit ihres Gleichen bewirkt sie das Größte!

Der Kieselsinter ist ein helles oder unklares (opakes), weißes und graues Kieselmineral, das durch Absatz heißer Quellen entsteht. Er hat zwar als Gebirgsmasse geringe Verbreitung, ist jedoch als Verkittungsmittel von Sandstein und Conglomerat wichtig.

4. **Torf, Braun- und Steinkohle.** Dieser, aus der Umwandlung der Pflanzenfaser hervorgegangenen Gebirgsarten ist oben bei den, an der Zusammensetzung der festen Erdrinde theilnehmenden Mineralien schon gedacht worden. Der Torf ist das jüngste Erzeugniß der Art, welches unter unsern Augen noch entsteht. Die Braunkohle ist ein Torf vergangener Zeiten, welcher inzwischen durch Ausscheidung von Wasser und flüchtigen Bestandtheilen fester und kohlenstoffreicher

geworden ist. Die Braunkohle enthält sehr oft Schwefelkies, entzündet sich alsdann nicht selten und veranlaßt Erdbrände, wobei der umgebende Thon und das Sandgestein gebrannt wird, wie Ziegel in einem Ofen. Sie bildet Ablagerungen, welche zuweilen mehr als hundert Fuß Stärke (Mächtigkeit) und öfters eine außerordentlich weite Verbreitung erlangen. Solche kommen vor in Böhmen, Schlesien, Mähren, Steiermark, Ungarn, Sachsen, Preußen, Hessen, Nassau u. s. w. An geologischer Bedeutung kommen sie den ältern Steinkohlen gleich, während sie in technischer so lange zurückstehen, bis es gelungen sein wird, sie vollständig in Koaks zu verwandeln, denn nur als solche erlangen sie die Fähigkeit im Hüttenprozesse Verwendung zu finden.

Steinkohle ist eine weiter umgewandelte Braunkohle, aus welcher sie so allmälig übergeht, daß manche (z. steierische, böhmische und hessische) Braunkohle sich kaum noch von ihr unterscheidet. Lange ward die Steinkohle nur als einer einzigen Entwicklungszeit der Erde angehörig angesehen, in den letzten Jahren haben indessen sorgfältige und umfangreiche paläontologische Untersuchungen gelehrt, daß in jeder Formation, also in jeder Erdentwicklungsperiode mächtige und ausgedehnte Steinkohlenablagerungen erfolgt sind. Dadurch ist die Geologie um eine Mythe ärmer, die Erkenntniß der Erdgeschichte dagegen um Vieles gefördert worden. Die Lagerverhältnisse der Steinkohle sind denen der Braunkohle ähnlich. Sie ist über alle Gegenden der Erde verbreitet; in Deutschland, besonders an der Ruhr und Saar, in Schlesien, Sachsen und Böhmen. Die Steinkohle ist einer der wichtigsten Träger der neueren Kultur, ohne sie wäre die Dampfkraft, wäre wahrscheinlich die gewaltige Eisen- und Metallindustrie, wären die Eisenbahnen und in deren Gefolge stehend die elektrischen Telegraphen vielleicht kaum ersonnen, wenigstens nicht in der gegenwärtigen Ausdehnung angewendet worden.

5. **Anhydrit und Gyps.** Diese beiden einfachen Mineralien setzen in Verbindung und jedes für sich allein Gebirgslager zusammen und erscheinen sohin als Gebirgsarten. In der Regel sind sie abwechselnd gelagert mit Thon und Schieferthon, mit Dolomit, Kalk und Steinsalz. Sie sind von weißer, gelber, grauer, rother und sogar schwarzer Färbung, je nachdem sie mehr oder weniger thonige, eisenoxydische oder bituminöse Beimischungen enthalten. Ihre Struktur ist körnig, blättrig, faserig; ihre Absonderung stets in Bänken und Schichten. Anhydrit und Gyps sind beide sehr oft Niederschlag aus Wasser, wie die in ihnen eingeschlossenen, wohl erhaltenen, zum Theil sehr zarten organischen Reste beweisen. Zuweilen dürften sie jedoch aus der Einwirkung schwefelsaurer Dämpfe oder auch des Schwefelwasserstoffes auf Kalklager entstanden sein. In andern Fällen wurden sie, wie Bunsen auf Island beobachtete, wie Vorgänge im Thon und auf den Bergwerken bestätigen, durch den, in den Gesteinen vorgehenden chemischen Prozeß Atom für Atom gebildet und durch die Attraktionskraft an einzelnen Stellen zu Krystallen und Lagern vereinigt. In letzterem Falle mußten sie sich Raum schaffen; sie mußten das über ihnen liegende Gestein in die Höhe heben. Die hieraus hervorgegangene Schichtenanordnung gab Veranlassung zu dem Glauben: der wasserhaltige Gyps sei ein Erzeugniß der vulkanischen Kräfte. Anhydrit und Gyps

sind beide in Wasser löslich, sie werden deshalb oft in großen Partien aus den Gebirgslagern ausgelaugt, wodurch sich Höhlungen und bei deren Einsturz Erdfälle bilden. An begleitenden Bestandtheilen sind die schwefelsauren Kalke nicht reich: Steinsalz, Schwefel, Borazit und Quarz sind die wichtigsten. Gyps findet sich fast in allen Formationen, jedoch nur als untergeordnete Lager. In den Gewerben wird der Gyps, dessen reinste Varietät als Alabaster gilt, vielfach benutzt, Anhydrit nicht.

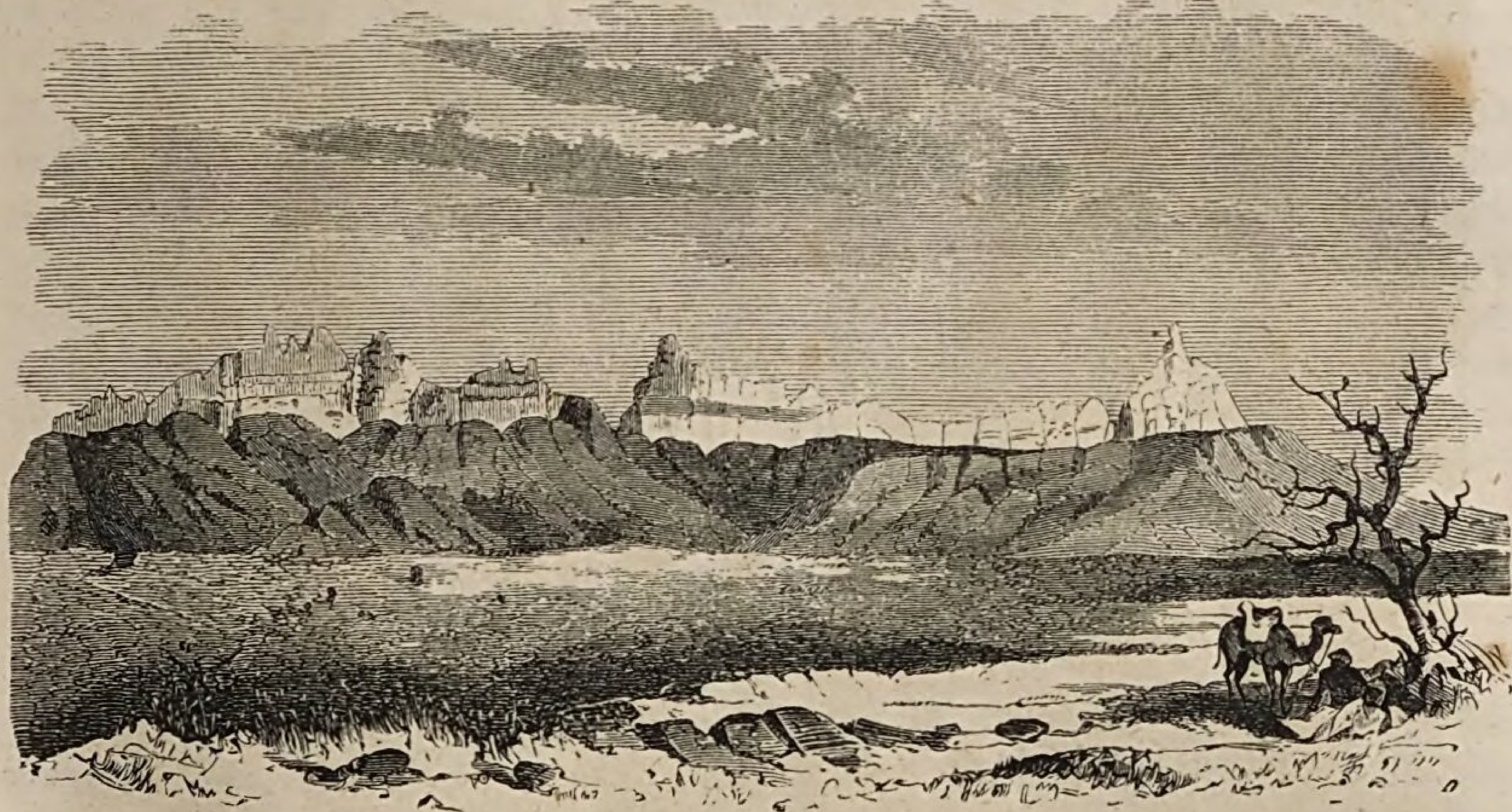


Fig. 37. Indinen, Berggruppe in Fessan. Aus Sandstein und Gyps bestehend.

6. **Steinsalz.** Dieses Gestein, dessen Aeußeres wir oben schon beschrieben, tritt auf in Begleitung von Anhydrit. Es bildet über hundert Fuß mächtige Lager in verschiedenen Formationen aus den ältesten bis zu den jüngsten Zeiten und erzeugt sich unter unsern Augen als der aus der Verdunstung des Wassers überbleibende Rückstand. So z. B. im Eltonsee und andern Steppenseen Rußlands, sowie in den Steppenseen Afrika's und Amerika's. Die Steinsalzlager umschließen Thier- und Pflanzenreste; aber da in so stark salzigem Wasser, wie dasjenige ist, aus dem das Salz auskrystallisirt, und an so salzreichen Ufern solcher Seen nur wenige und niedrig stehende Pflanzen und Thiere leben, so können auch nur deren unbedeutende und leicht zu übersehende Reste darin vorkommen. Das Steinsalz ist bekanntlich im Wasser löslich; werden einzelne Stücke eines solchen Lagers, durch Spalten zertrümmert, dem in der Erde zirkulirenden Wasser erreichbar, so lösen sie sich darin auf, wodurch zunächst die Salzquellen veranlaßt werden. Da diese beträchtliche Stoffauswaschung leere Räume in der Erde zurückläßt, der auf der Tiefe lastende Druck keine Höhlungen duldet, so entstehen in der Nähe der noch etwa stehen gebliebenen Salzlagerstücke Erdfälle, Senkungen und zerbrochene, breccienartige Haufwerke, welche Veranlassung zu der Meinung gaben: das Steinsalz sei ein eruptives Gestein wie die Lava, eine Hypothese, die sich bei genauerer Nachforschung unhaltbar zeigt.



Fig. 38. Stalaktiten der Dolenzpforte in der Höhle bei Adelsberg in Krain.

Dritte Reihe: Metamorphosirte Gesteine.

Im Reiche der Gesteine giebt es keine ewige Ruhe, so sehr uns auch der flüchtige Blick diese Ansicht aufdrängen möchte. Ununterbrochen gehen Veränderungen in ihnen vor. Der Stoffwechsel, welcher die Umwandlung der Gesteine, mögen sie nun eruptiver oder sedimentärer Entstehung sein, hervorruft, findet in dreierlei Weise statt.

1. Entweder wechseln die Bestandtheile des Gesteines ohne irgend einen Zuwachs oder eine Abnahme, nur ihre Form und Gruppirung, etwa wie das kaltgehämmerte Stabeisen seine Faserstruktur wandelt in eine körnige, oder

2. es gehen Bestandtheile aus dem Gesteine verloren, oder

3. es kommen neue hinzu, welche sich entweder mit dem Vorhandenen vereinen oder solches theilweise verdrängen.

Bei den einfachen Mineralien, aus welchen die Gesteine zusammengesetzt sind, stellen sich diese Umwandlungen sehr auffallend ein, indem die alte Form, die

Krystallgestalt, desjenigen Minerales, dessen Stelle das neue einnimmt, erhalten blieb und sich oft im Innern dieses Raumes Höhlungen, besetzt mit den Krystallisationen des neu aus der Metamorphose hervorgegangenen, darstellen. Solche Bildungen hat die Wissenschaft mit dem Namen Pseudomorphosen belegt, um ihre Erforschung haben sich Haidinger und Blum viele Verdienste erworben, während Bischoff, Bunsen, Daubrée und Volger sich vorzugsweise mit der Nachweisung der Hergänge bei der Metamorphose der Gesteine beschäftigten.

Durch eine große Anzahl von Beobachtungen ist erwiesen, wie der Quarz sehr viele andere Mineralien aus ihrer Form verdrängt hat, daß er in den Räumlichkeiten, welche vordem Holz und Muscheln einnahmen, sich ansiedelte. Kennten wir ihn auch nicht sonst als Niederschlag aus Wasser, dieses allein müßte schon genügen, uns über seine Entstehung aufzuklären. Daubrée hat überdies durch ein schönes Experiment nachgewiesen, wie das Wasser unter Mithülfe einer Temperatur von 400° Celsius dem gewöhnlichen Glase das Ansehn von krystallinischem Porphyr ertheilt, worin krystallisirter Quarz und krystallisirter Wollastonit in einer Feldspathsubstanz nebeneinander liegen. Dabei dehnt sich die Masse des Glases so beträchtlich aus, daß dadurch die Störungen, welche aus der amorphen in die krystallinische Struktur übergehende Gesteine in den umgebenden Schichten veranlassen, hinreichende Erklärung finden.

Der Glimmer ist nach Blum in etwa 20 Krystallformen anderer Mineralien als Afterkrystall (pseudomorph) bekannt. Unter diesen Formen sind die der Feldspathmineralien, des Augites, der Hornblende und vieler andern Silikate. Da die glimmerartigen Mineralien eine so unbestimmte und wechselnde Zusammensetzung besitzen, daß noch keine allgemein gültige stöchiometrische Formel für sie aufgestellt werden konnte, sie aber immer in Begleitung der Stoffe, deren Formen sie als Pseudomorphose erfüllen, vorkommen, so muß man sie als solche Mineralien ansehen, welche in Folge des Stoffwechsels in den Erdschichten entstanden.

Daß die Glimmermineralien nicht immer in den Krystallformen derjenigen Stoffe auftreten, welche sie verdrängten und ersetzten, liegt theils darin, daß letztere selbst nicht immer krystallisirt waren, theils wohl auch in dem Bestreben der ersteren, sich in ihrer eigenthümlichen Tafel- oder Schuppenform darzustellen. Der Glimmer theilt dieses stark ausgesprochene Krystallisationsbestreben mit vielen andern Mineralien. Blum zählt 95 als unverkennbare Pseudomorphosen auftretende Mineralien auf, welche in ihrer selbsteigenen, und 98, welche in fremder Krystallform erscheinen.

Von den Chloritmineralien gilt das beim Glimmer Angeführte. Volger hat das Verdienst, die Reihe der Umwandlungsprozesse dieser Substanzen aufgeklärt zu haben. Serpentin und Speckstein oder Talk sind ebenfalls sekundäre, vielfältig als Pseudomorphosen vorkommende Körper. Der Granat wird häufig in krystallinischen Gesteinen, namentlich in Kalk und Dolomit und in alten Laven gefunden; er galt lange Zeit für ein Produkt des Feuers, bis man ihn im Innern von versteinerten Korallenstöcken und Muscheln antraf, wodurch dann seine sekundäre, unter Beihülfe des Wassers erfolgte Entstehung hinlänglich erwiesen

ist. Da der Epidot nach Formen des Granates pseudomorph vorliegt, so ist auch er kein primitives Mineral.

Die Feldspathe galten allgemein für Erzeugnisse der Vulkanicität, bis Studer, Daubrée und Volger sie in Kalksteinen auffanden, die noch Korallenformen enthalten, bis nachgewiesen wurde, daß sie in manchen Felsitporphyren und Adinolschiefern als Versteinerungsmittel sehr leicht zerstörbarer Thier- und Pflanzenformen vorhanden sind; daß sie aufsitzend auf Kalkspathkrystallen, welche im Feuer zu Aetzkalk geworden wären, gesehen wurden, bis es endlich Daubrée gelang, sie aus Thon und alkalischem Wasser künstlich darzustellen. Nun geben auch sie einen Beweis für den stets regen Stoffwechsel im Innern der Erde und die Geologie ist nicht mehr in die Nothwendigkeit versetzt, zur Erklärung des Vorkommens dieser Mineralien im Innern von Quarz naturwidrige Erklärungen aufzusuchen. Es soll damit keineswegs in Abrede gestellt werden, daß der Labradorit und Orthoklas in der Form von Obsidian, Bimsstein, Pyroxenlava und Basalt nicht auch als Erzeugnisse der Vulkane entstehen. Wir wissen es zur Genüge, daß sie so von der Natur hervorgebracht werden. Wir wissen aber auch, daß sie in jenen Gesteinen niemals mit freier Kieselerde oder Quarz verwachsen sind. Deshalb können wir, nachdem wir auch den andern von der Natur eingehaltenen Weg zu ihrer Bildung kennen lernten, da, wo wir sie mit Quarz und Glimmer verwachsen finden, nur ihre Entstehung durch Gesteinsumwandlung gelten lassen. Es ist allerdings möglich, daß die, eine solche Mineralvergesellschaftung enthaltenden krystallinischen Gesteine ehemals Obsidianlaven waren, wie der Trachyt und mancher quarzführende Porphyr, sie müssen aber überall, wo nur den Sedimenten eigenthümliche Versteinerungen in ihnen vorgefunden worden sind, als im Laufe der Jahrmillionen umgewandelte Absätze aus Wasser, das ist Thon, Sand oder Kalk, gewesen sein.

Die meisten Mineralien der Pyroxen- und Amphibolreihe sind ebenfalls Pseudomorphosen oder aus der Umwandlung von andern Mineralien entstanden. Hornblende, Granat, Epidot und Axinit finden sich in den Vogesen als Versteinerungsmittel von Korallen. Die gute Erhaltung der feinen, leicht zerstörbaren Korallenbauwerke beweist, daß jene Silikate nicht feuerflüssig, sondern daß sie als Wasserabsatz und sehr allmälig entstanden sind.

Die Zeolithe, von denen einige als Absatz aus Wasser oder als Versteinerungsmittel bekannt sind, können sämmtlich nur als Zersetzungsprodukte gelten. Das Eisenoxyd und alle andern Eisengesteine kommen so gewöhnlich als Pseudomorphosen nach Kalk, Thier- und Pflanzenresten vor, daß über deren Bildung kein Zweifel mehr obwalten kann. Dasselbe gilt vom Schwefelkies, den Kupfer- und Bleierzen, den Zinkerzen, den Manganoxyden, welche sämmtlich als Versteinerungsmittel die kleinsten zartesten Thier- und Pflanzenformen ausfüllen. Wir haben diese wenigen Beispiele aus der Reihe der pseudomorphen Mineralien aufgezählt, um unsere Leser auf diesen wichtigen Theil der geologischen Hülfswissenschaften aufmerksam zu machen und um uns bei der Beschreibung der metamorphosirten Gesteine darauf beziehen zu können. Gerade in

diesem jüngsten Theile der geologischen Hülfswissenschaften beruht der Fortschritt, den die gesammte Geologie in der neuern Zeit gemacht hat. So lange die Chemiker sich nur so obenhin mit der Geologie beschäftigten, die Mineralogen und Bergleute aber, nur dem Erwerbe nachgehend, die Zweige der Naturwissenschaften, welche über solche Hergänge Aufschluß geben könnten, vernachlässigten, blieb Alles beim Alten. Seitdem aber Alle streben, alle Naturerscheinungen den ewigen Gesetzen gemäß zu erklären, und viele jene Selbstverläugnung erkämpft haben, welche vorgefaßte, mit der Person verwachsene Meinungen auf dem Altare der Wahrheit gern zum Opfer bringt, geht die Geologie voran und wirkt erklärend, anregend und belebend wiederum auf die übrigen Wissenschaften zurück.

Die Tropfsteinhöhle, welche die Abbildung auf S. 74 uns zeigt, führt uns eine jener geheimnißvollen Werkstätten vor, in denen die Kräfte des Wassers und der Gesteine als wirkende Arbeiter auftreten, jene Kräfte, denen die metamorphosirten Gesteine ihre Form verdanken. Sie walten im Verborgenen unterirdisch wie die Gnomen und Zwerge der Märchen; wir betonen nochmals ausdrücklich, daß das Wasser, „das Blut des Erdkörpers", vorzugsweise bei deren Gestaltung, wie bei der jener, im Innern krystallinischen Tropfsteine mit wirkte, ohne die übrigen Erdkräfte, Wärme, Magnetismus, chemische Attraktion u. s. w. davon ausschließen zu wollen.

Wir wiederholen: daß streng genommen alle uns an der Erdoberfläche und in der festen Erdrinde vorliegenden Gesteine umgewandelte oder metamorphosirte sind; wir betrachten hier im engern Sinne jedoch nur diejenigen als solche, bei denen sich die eruptive oder sedimentäre Entstehung aus dem Verhältnisse zu andern Gesteinen nicht mehr genügend nachweisen läßt, welche aber ohne Zweifel ehemals der einen oder der andern Klasse zugehörten. Wir heben nachstehende wichtigere Formen hervor.

1. **Grünschiefer.** Mit diesem Namen bezeichnet man grüne Gesteine, welche in der Regel durch eine chloritische Erdart, durch Grünerde, Aphrosiderit, Chlorit gefärbt sind, aber auch in bräunlichen, rothen bis weißen Farbentönen vorkommen. Sie enthalten: Feldspath, Labradorit und Pyroxen oder Amphibol; auch Kalk und Quarz entweder innig beigemengt oder auf Gangtrümmern. Man unterscheidet unter den Grünsteinen

a. Schalstein, von grüner, gelber, rothbrauner, schiefriger Farbe, dabei schalig, dicht, oolithisch, mandelsteinartig. Er kommt geschichtet vor und enthält Versteinerungen. Seine Bestandtheile sind: vorherrschend kohlensaurer Kalk, außerdem aber auch Labradorit, Eisenoxyd und chloritische Substanz. Als Beigemengtheile finden sich, meist zu Nestern und Lagern vereinigt: Rotheisenstein, Quarz, Schwefelkies und Anthrazit, auf Gängen Kupferkies. Der Grünsteintuff des Voigtlandes ist eine ähnliche nur kalkarme Felsart. Die Verbreitung dieser Gesteine ist auf die ältesten Formationen der Sedimente beschränkt und vorzugsweise in Böhmen, dem Voigtlande und Nassau bekannt.

b. Der Diabas ist grün, krystallinischkörnig, porphyr- und mandelsteinartig, meist polyëdrisch, doch auch in Säulen, Kugeln und Platten, selten in

Schichten abgesondert. Er ist sehr fest, jedoch leicht verwitternd und in Grus zerfallend. Unter seinen Bestandtheilen herrscht Labradorit vor; diesen begleitet brauner, faseriger Pyroxen, dessen Natur zwischen Augit und Hypersthen schwankt; die grüne Färbung bedingt der Aphrosiderit oder Chlorit. Gewöhnlich ist kohlensaurer Kalk sehr überwiegend, namentlich in den Mandelsteinen. An begleitenden Bestandtheilen sind Schwefel- und Kupferkies, Magneteisen, Quarz, Asbest, Strahlstein, Axinit, Prehnit besonders hervorzuheben. Auf Lagern kommen Rotheisenstein und Magneteisenstein, auf Kluftausfüllungen Quarz, Kupferkies und Nickelerze vor.

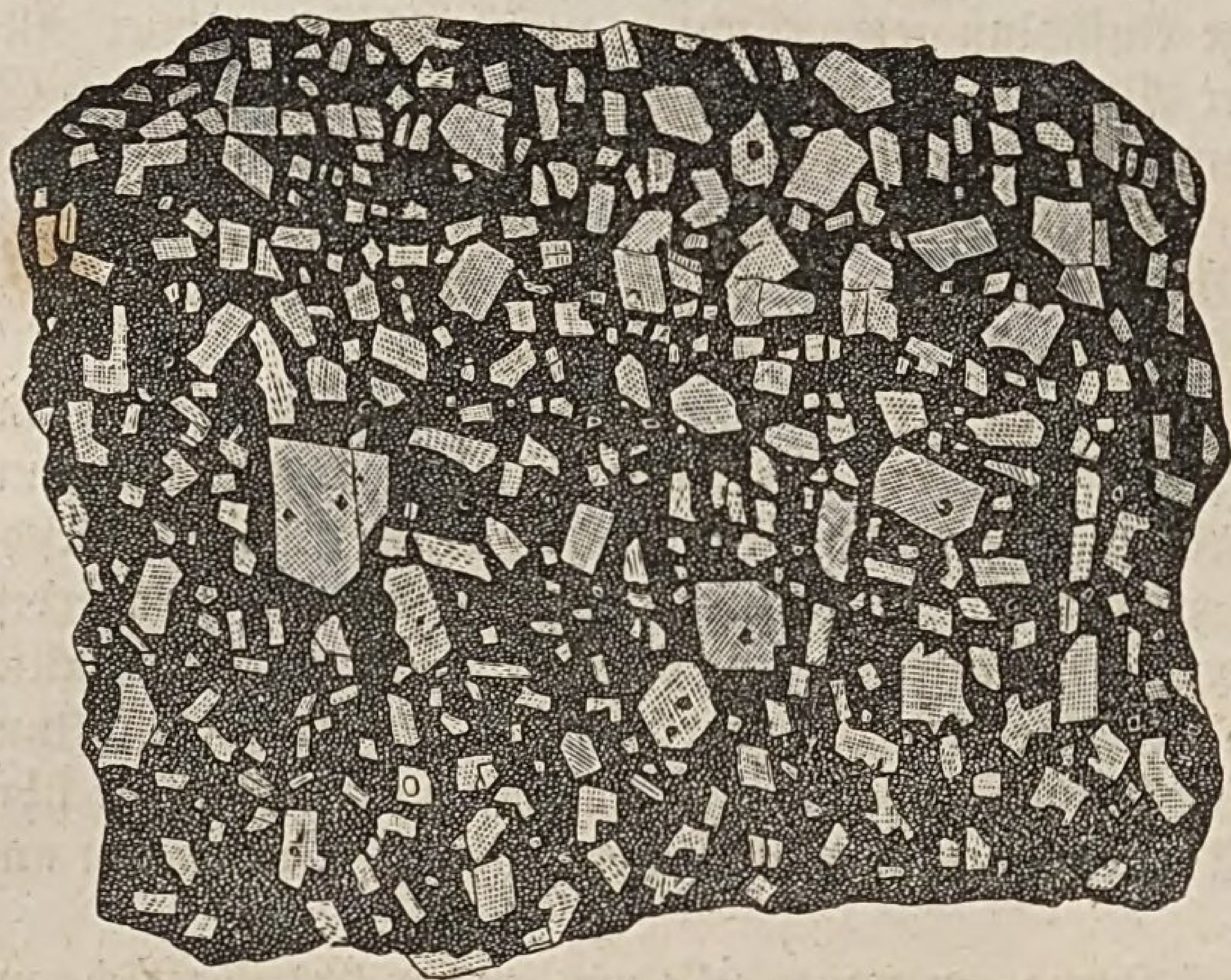


Fig. 39. Diabasporphyr.

Auch Einschlüsse von Korallenkalk werden bemerkt. Die beistehende Abbildung stellt einen Diabasporphyr dar, in dessen dunkelgrüner Grundmasse weiße Labradorkrystalle eingebettet liegen. Der Diabas bildet mit den Schieferschichten im Parallelismus gelagerte mächtige Platten in den ältern Formationen und begleitet den ihn bedeckenden Schalstein.

c. Der Eisenspilit ist braungrün, grün, schwarzgrün gefärbt, dabei dicht bis krystallinisch körnig, polyëdrisch, in Kugeln und Platten abgesondert. Er besteht aus einem gewöhnlich undeutlichen Gemenge aus kohlensaurem Kalk, Aphrosiderit (oder Chlorit) und Rotheisenoxyd, welchem nur seltener deutliche Labradorit- und Pyroxen-Bestandtheile zugesellt sind, wodurch dann das Gemenge krystallinisch wird. Der kohlensaure Kalk ist nie in runden, sondern stets in eckigen, verschwommenen Partien oder in Trümmern angeordnet, weshalb Mandelsteine des Eisenspilites gänzlich fehlen. Als begleitende Bestandtheile treten auf: Magneteisen, Schillerspath, Serpentin, Prehnit, Laumontit, Analzim, Chabazit, Stilbit, Albit, Epidot, Schwefelkies, Quarz; in Lagern erscheinen daneben auch Rotheisenstein und Jaspis (Eisenkiesel); auf Kluftausfüllungen findet sich Kupferkies. Der Eisenspilit ward oft mit dem Diabas verwechselt. Er ist ein lagerhaftes Gestein von etwas jüngerem Alter als der letztere.

d. Der Serpentin ist bekannt als ein düster grünes, zuweilen bunt geflecktes Gestein, das mild, dicht, glanzlos bis fettglänzend ist. Es besteht aus einem Gemenge verschiedener, wasserhaltigen Silikate von Talkerde und Eisen-

oxydul, denen in wechselvollen Verhältnissen Magneteisen, Eisenkies, Arseneisen, Chromeisen, Granat (Pyrop), Schillerspath und Glimmer beigefügt sind. Auf Klüften kommt in ihm Quarz, Opal, Asbest u. s. w. vor. Die Struktur des Serpentines ist massig. Das Gestein verläuft in Diabas, Eisenspilit, in Gabbro



Fig. 40. Syenit am Felsenmeer in der Bergstraße.

und Diorit, endlich auch in Dolomit, und erscheint, da es etwa $^1/_8$ bis $^1/_6$ Wasser enthält, als ein hydratisches Zersetzungsprodukt dieser Gesteine. Der Serpentin ist in den Alpen, in Oberitalien, in Sachsen und andern Punkten, wo Grünstein vorkommt, nicht selten. Er wird vielfach als Material zu allerlei kleinen Kunstarbeiten benutzt.

e. Lherzolith oder Augitfels ist ein grünes, körniges Gestein, welches vorzugsweise aus Pyroxen besteht, dem nur selten andere Bestandtheile, namentlich Kalkspath und Schörl, zugemengt sind. Seine Verbreitung als untergeordnete Masse in Kalksteinen ist gering (Pyrenäen, Nordamerika). Bedeutender sind dagegen

f. Grünschiefer und Hornblendeschiefer. Diese grünen bis schwarzbraunen, schieferigen Gesteine enthalten zum Theil Hornblende mit Feldspath, Kalkspath, Chlorit und Quarz, zum Theil nur Hornblende und Quarz. Zum Theil erscheinen sie sehr innig, zum Theil krystallinisch deutlich gemengt. Sie sind stets geschichtet und oft geschiefert, zuweilen in so dünne Blätter, daß sie als Dachschiefer Anwendung finden können. Als Beigemengtheile kommen darin vor: Granaten, Epidot, Magneteisen, Schwefel- und Kupferkies. Das Magneteisen

und die Schwefelmetalle vereinigen sich öfters zu untergeordneten Lagern. Der Grünschiefer ist in den Alpen, im Erzgebirge, im Spessart, im Odenwalde, in Schweden und Norwegen, überhaupt in solchen Gegenden, wo metamorphosirte Gesteine vorkommen, sehr verbreitet und wechsellagert mit Thonschiefer, Granit und Syenit.

2. Der **Syenit** besteht aus Hornblende, Orthoklas, Oligoklas, Albit und Quarz, welche in deutlichem, krystallinischen Gemenge von dunkelgrauer, roth- und weißgefleckter Farbe vereinigt sind; massig abgesondert in Bänken, seltener in Säulen; zuweilen in großen, abgerundeten Blöcken die Oberfläche bedeckend, wie auf umstehender Abbildung dargestellt ist. Auf den Kluft- und Ablösungsflächen, welche das Gestein durchziehen, dringt das, besonders in Wäldern mit Kohlensäure und Pflanzenlaugen gesättigte Wasser ein und zersetzt den Syenit, der Hammerschlägen mit so großer Festigkeit widersteht, zu Grus und einer lehmartigen Masse, wie sich derjenige überzeugen wird, welcher am Abhange von Syenitbergen einen Stollen gräbt. Wenn nach Entfernung der schützenden Waldbedeckung jene lockern Verwesungsprodukte durch Regenfluten fortgespült werden, so bleiben die noch festen Kernstücke in Form solcher Felsenmeere, wie unsere Abbildung darstellt, zurück. Diese von Vegetation entblößten Massen verwittern nun langsam und bieten einen Anblick schauerlicher Zerstörung dar. Accessorische Bestandtheile enthält der Syenit sehr viele; die bemerkenswerthesten sind Glimmer, Titanit, Magneteisen, Zirkon, Granat, Epidot, Schwefelkies, Bleiglanz, Kupfer, Graphit, Kalkspath, Flußspath u. s. w. Alle diese Mineralien durchziehen das Gestein auch gangförmig. Eine besonders bemerkenswerthe Varietät des Syenites ist diejenige, worin Zirkon und Adular in großer Menge vorkommen; es ist der in bunten Farben schimmernde Zirkonsyenit Norwegens.

Fein- und grobkrystallinische Syenitpartien wechseln oft in ein und demselben Handstücke. Im Großen ist diese Erscheinung ebenso häufig, so daß kaum zwei Syenitfelsen von einerlei Ansehn gefunden werden und meist in einem Absonderungsstücke mehrere Abänderungen vorkommen. Der Syenit ist ein guter Baustein und wurde schon von den Römern zu Säulen benutzt. Er findet sich sehr schön an der Bergstraße, woher die Säulen zum Palaste der Kaiserin Helena (jetzt Domkirche) zu Trier genommen sind; einer der Säulenschäfte liegt heute noch als Riesensäule am Melibokus; ferner im sächsischen Erzgebirge, im Schwarzwalde und in den Vogesen, in Norwegen u. s. w.

3. Der **Granit** ist ein krystallinisches Gemenge aus Orthoklas, Oligoklas oder Albit mit Quarz und Glimmer in regelloser Durchwachsung. Zuweilen ist das Gemenge so innig, daß eine Unterscheidung der Bestandtheile schwer fällt, in andern Fällen, sind die Feldspath- und Glimmerkrystalle von außerordentlicher Größe. Der Quarz ist in der Regel gestaltlos, seltener krystallinisch; er dringt in die Spaltungsflächen des Feldspathes ein und umgiebt gewöhnlich dessen und des Glimmers Zwillingskrystalle, so daß die Kieselerde augenscheinlich als das letztgebildete Mineral des Granitgemenges dasteht. — Die Färbung des Granites ist vom beigemengten Feldspath abhängig und erscheint dann entweder mehr weiß oder röthlich gefleckt.

An begleitenden Bestandtheilen ist das Gestein sehr reich, namentlich kommen Raseneisen, Magneteisen, Hornblende, Granat, Schörl, Titanit, Zirkon, Korund, Topas, Apatit, Zinnstein, Wolfram, verschiedene Schwefelmetalle, Gold, Silber und Kupfer und viele andere Mineralien vor. Auf untergeordneten Lagern

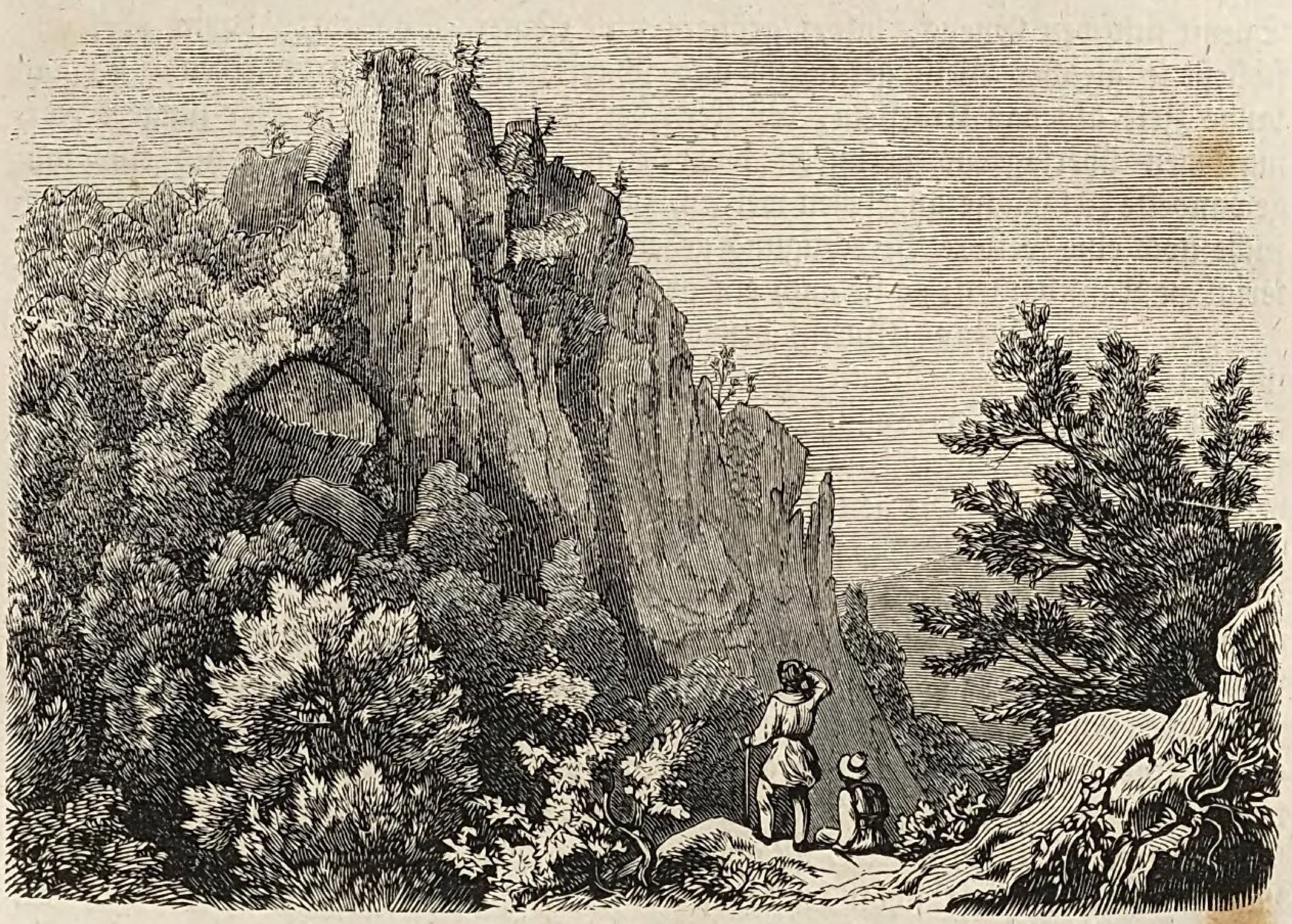


Fig. 41. Der Ilsenstein.

finden sich alle diese Uebergemengtheile nebst Schwerspath, Flußspath, Feldspath, Bergkrystall und zahlreichen Erzen verschiedenster Art. Auch Einschlüsse von anderen, selbst geschichteten Gesteinen bemerken wir im Granit; sie sind gewöhnlich sehr verändert und mit demselben innig verwachsen.

Die Absonderung des Gesteines ist eine massige; seltener erscheinen Säulenbildungen. Das Vorkommen des Granites ist sehr mannigfaltig. Auf Gängen in krystallinischen und geschichteten Gesteinen, auf mächtigen, die genannten Gebirgsarten durchbrechenden, stockförmigen Lagern, endlich auf eigentlichen Lagern, welche entweder mit den Schichten der Sedimente harmoniren oder sich über dieselben hin ausbreiten, wie ein geflossener Lavastrom. Diese Manchfaltigkeit der Lagerungsverhältnisse macht es sehr wahrscheinlich, daß der Granit theilweise aus der Umwandlung eruptiver, theilweise aus derjenigen sedimentärer Gesteine hervorgegangen ist.

Das Gestein verwittert sehr leicht, alsdann bedeckt sich die Oberfläche mit Grus und zahllosen Felsblöcken; es entstehen wie beim Syenit Felsenmeere.

Topasfels wird ein viele Topase enthaltender Granit genannt.

Schriftgranit ist eine glimmerarme Varietät, bei welcher in rothem oder weißem Feldspath unvollkommene, die Formen hebräischer oder arabischer Buchstaben nachahmende Quarzkrystalle liegen. Der Granit ist öfters mit andern krystallinischen Gesteinen innig verbunden; er geht in solche über, namentlich in den Syenit und den Gneus, bildet größere und kleinere Sphäroïde darin oder umschließt in gleicher Weise gerundete und scharfkantige Brocken derselben. Er galt lange Zeit als das Urgestein, der Kern der Erde; nachdem er aber jüngere Formationen überlagernd gefunden worden ist, kann er nur noch als eine umgewandelte Felsmasse angesehen werden, zu welcher Ansicht die Daubrée'schen Versuche noch eine weitere Berechtigung geben. Der Granit dient zuweilen als Material zu Kunstbauten; er ist auch ein vorzüglicher Pflasterstein.

4. Der **Gneus** (Gneiß) besteht ebenfalls aus Orthoklas, Glimmer und Quarz, wie der Granit, jedoch ist der Quarz und mehr noch der Glimmer in einer blättrigen Anordnung beigemengt, so daß daraus eine schieferige und faserige Struktur hervorgeht, welche sich im Vorhandensein einer geschichteten Absonderung ausspricht. Die gewöhnlichen Färbungen des Gneuses sind hellroth oder grau, abhängig von Feldspath und Quarz, doch bewirkt schwarzer und brauner Glimmer auch schwarze Farbe und geflecktes Aussehen. Der Gneus ist ebenso reich an Uebergemengtheilen als der Granit; es kommen in ihm dieselben Mineralspezies, vorzugsweise aber Granaten, Staurolithe und Magneteisen vor. Außerdem finden sich unzählige Erzgänge in manchen, nicht in jedem Gneusgebirge, so daß er als eine der wichtigsten Gebirgsarten für den Metallbergbau erscheint. Nicht weniger reich ist der Gneus an untergeordneten Lagern von Feldspath, Quarz, Schwefelmetallen, Granaten, Magneteisen und körnigem Kalke. In allen diesen Lagern kommen viele schön krystallisirte Silikate vor. Mehrfach wurden im Gneuse noch erkennbare Versteinerungen gefunden, namentlich aber gehen in den Alpen Gneuslager im Fortstreichen allmälig in Versteinerung führenden Kalkstein über. Die Daubrée'schen Versuche über Umwandlung der Gesteine, deren wir schon mehrmals erwähnt haben, bestätigen die Voraussetzungen Bischoff's und Volger's, wornach der Gneus ein umgewandeltes Sediment ist. Während der langen Zeiträume, in denen diese Umwandlung vollendet ward, hatten alle in dem Gesteine vorhandenen Elementarstoffe Gelegenheit, sich in den schönsten Krystallen zu vereinen. Es darf dabei aber nicht übersehen werden, daß eine ganze Reihe von chemischen Prozessen auf einander folgen mußte, um das Endergebniß der Umwandlung, wie es uns jetzt im Gneuse vorliegt, hervorzubringen, und daß diese Kette von Umwandlungsprozessen auch heute noch nicht geschlossen ist, sondern daß, wie der Augenschein lehrt, stündlich noch Zersetzungen und Neubildungen in diesem Gesteine vorgehen. Die Verbreitung des Gneuses ist nicht unbeträchtlich; er begleitet den Granit und Syenit, kommt vielfach mit Schiefer und Kalkgesteinen abwechselnd gelagert vor in den Alpen, in Sachsen, am Harze, im Schwarzwalde, im Odenwalde und vielen andern Gegenden der Erde.

5. Der **Granulit** (Weißstein, Eurit) besteht wesentlich aus Orthoklas und Quarz, welchen Granate oft in kaum sichtbaren Krystallen beigemengt sind. Der Quarz ist in dünnen Blättchen (Lamellen) eingewachsen, was dem Gesteine ein schiefriges Ansehen giebt. Wenn der Granaten weniger im Gemenge werden, so stellt sich Glimmer ein, wodurch das Gestein in Gneus und Granit übergeht. Als nebensächliche Bestandtheile sind nur Disthen und Hornblende bekannt. Der Granulit ist ein Begleiter von Gneus und Granit.

6. **Serizitschiefer** sind als umgewandelte Thonschiefer von grünen, weißen und rothen Farben, worin Albit, Quarz, Serizit (ein wasserhaltiger Glimmer) und Aphrosiderit (grün) oder Eisenoxyd (roth) innig oder deutlich gemengt vorkommen. Das Gestein ist geschichtet, geschiefert, mitunter dem Gneuse ähnlich.

Auch der Ottrelitschiefer gehört zu den umgewandelten Thonschiefern. In ihm wird der Serizit durch Ottrelit, ein wasserhaltiges Thonerde-Eisenoxyd-Silikat, vertreten. Beide Gesteine werden im Nassauischen und Luxemburgischen gefunden, ersteres auch im Schwarzwalde.

7. **Gestellsteine** oder **Glimmer-, Chlorit-** und **Talkschiefer, Greißen.** Die Gesteine, welche wir hier zusammenfassen, gehen vielfältig in einander über und können deshalb nicht wol getrennt werden. Sie sind weiß, grün, grau oder röthlich von Farbe und bestehen aus krystallinischen Gemengen von Quarz mit Glimmer, Chlorit oder Talk, welch' letzter Beimischung sie ihre Namen verdanken. Der Greißen ist ein durch sehr geringe Glimmereinmengung schieferig gemachter Quarz. Alle diese Gesteine haben Schieferstruktur. Als Eingemengtheile enthalten sie Granat (namentlich Almandin), Kalkspath, Bitterspath, Magneteisen, Schörl, Staurolith, Disthen, Strahlstein, Eisenglanz und Graphit. Auf Gängen und Lagern kommen darin vor: Schwefel- und Arsenikmetalle verschiedener Art, Gold und Silber, Magneteisen, Rotheisenstein, Sphärosiderit, körniger Kalk, Quarz, Schwerspath und Graphit. Der Greißen setzt mächtige, sich weiterstreckende Felskämme im Glimmerschiefer zusammen. Diese Schiefergesteine finden sich oft als Zwischenlager zwischen Granit, Gneus, Syenit und den noch unveränderten Sedimentgesteinen; daß sie aber, wenigstens zuweilen, aus der Umwandlung der letzteren entstanden sind, bezeugen in ihnen vorgefundene organische Reste, wenn sie auch anderwärts aus der Metamorphose ursprünglich eruptiver Schichten hervorgegangen sein dürften. Man verwendet diese meist sehr schwer schmelzbaren Gesteine als Baumaterial für Schmelzöfen (Gestelle), woher der Name Gestellstein, den Talkschiefer auch als Topfstein zu Ofenplatten und Kochtöpfen.

8. Die **Eisensteine**, für die menschliche Gesellschaft so hochwichtig, verdanken ihre Anhäufung auf Lagern und Gängen entweder der Umwandlung von Schwefeleisen, von Verbindungen der Kieselerde mit Eisenoxydul (Eisensilikaten), oder der Umänderung von Kalksteinen. Die Eigenschaften der Eisenerze sind oben S. 22 schon mitgetheilt. Roth- und Brauneisenstein, sowie der Sphärosiderit kommen vielfach in Formen von Schwefelkies, Kalkspath und als Ausfüllung

von Pflanzen- und Thierversteinerungen vor, so daß über deren sekundäre Bildung kein Zweifel obwalten kann. Wo das Magneteisen in metamorphosirten Felsmassen sich zeigt, ist es wol immer ein Ergebniß der während der Umwandlungsprozesse wirkenden chemischen Thätigkeit. So ist es wahrscheinlich selbst noch in den Basalten und Doleriten gebildet. Diese Ansicht wird bestärkt durch die auf Hüttenwerken gewonnene Erfahrung, daß ein Vorkommen freien Eisenoxydes neben noch nicht vollständig mit erdigen und alkalischen Substanzen gesättigter Kieselerde in feurigem Flusse nicht statthaft ist, sondern daß sich das Eisenerz stets mit den schmelzenden Kieseln vereinigt.

Der Sphärosiderit oder Spatheisenstein ist als ein, in kohlensaurem Wasser löslicher Stoff in vielen Sedimenten, namentlich häufig in Kalksteinen und über Kalkeinschlüsse in Schiefergesteinen abgesetzt; er bildet außerordentlich mächtige Lager in Steiermark und Kärnthen, in der preußischen Rheinprovinz (Siegen), in Thüringen (Schmalkalden). Bei Eisenerz und Vordernberg in Steiermark tritt er als eine kalkhaltige, krystallinische Felsmasse von mehr als 2500 Fuß Höhe und außerordentlicher Dicke und Länge in dem auf unserer nebenstehenden Abbildung in der Mitte der Landschaft sich erhebenden, fast senkrecht abfallenden „Eisenberge" auf. Daselbst liegen auf und in älterem sedimentären Kalksteine zwei mehr als 150 Fuß dicke Sphärosideritlager hinter einander. Das obere ist seit Jahrhunderten der Gegenstand der bergmännischen Gewinnung, beschäftigt Tausende von Menschen und ist die Veranlassung zu einer großen Eisenindustrie.

Im Siegenschen kommt der Spatheisenstein mit Kupfererzen und Quarz vergesellschaftet als Gangausfüllung im Thonschiefer vor. Anderwärts ist er als thoniger Sphärosiderit mit Thon, Kohle und allerlei Schwefelmetallen gemengt, um Thier- und Pflanzenreste angeordnet, mit den Steinkohlen lagerhaft. So an der Saar und Ruhr, in Sachsen, Belgien und England, wo er vielfältig zur Eisendarstellung dient. Er ist es, der durch sein massenhaftes Auftreten und durch die erwähnte Vergesellschaftung mit Steinkohle es in England möglich macht, daselbst das Eisen so wohlfeil herzustellen.

Gelb- und Brauneisenstein entstehen öfters aus dem Sphärosiderit, wenn dessen Kohlensäure entweicht, Sauerstoff und Wasser deren Stelle einnehmen. Sie sind alsdann entweder pseudomorph nach Formen des letzteren oder in tropfsteinartigen Nieren-, Zapfen- und Kugelformen, faserig und dicht. An andern Punkten verdanken sie der Zersetzung des Schwefelkieses ihre Entstehung, was sich ebenfalls durch das Vorkommen von Afterkrystallen nachweisen läßt. Endlich entstehen sie aber auch als Absatz eisenhaltiger Quellen über Kalkstein oder als Rückstand zersetzter Gesteine, indem sich die übrigen Bestandtheile, namentlich von Kalkstein, Basalt u. s. w., auflösen und fortgespült werden. Wenn der Braun- und Gelbeisenstein sich auf Lagern oder Gängen in älteren Formationen findet, so erscheint er dicht und faserig; man nennt ihn dann Glaskopf, während er in jüngern Formationen oft in Form kleiner Kugeln als Bohnerz auftritt. Der Eisenstein, welcher in den heutigen Süßwassersümpfen durch Diato-

meen aus seiner Lösung in Wasser niedergeschlagen wird, und der sich an trocken gewordenen Stellen aus dem anfangs ockerigen Pulver zu einer festern Masse vereinigt, wird Sumpf= oder Raseneisenstein genannt.

Alle lagerhaft vorkommenden Eisenoxydhydrate sind durch Thon, Kalk oder Kieselerde, oft auch durch Schwerspath, Schwefelkies und andere Schwefel= und Arsenikmetalle verunreinigt, wodurch sie oft zur Eisenfabrikation gänzlich untauglich werden. Auch ist Phosphor ein oft ihren Werth sehr beeinträchtigender



Fig. 42. Der Eisenberg bei Eisenerz in Steiermark.

Begleiter derselben. Sie bilden mächtige Lager und Gänge in allen bekannten Formationen, und werden in Nassau, Hessen, Thüringen, Oesterreich, Preußen, Lothringen, Luxemburg u. s. w. vielfach gegraben und zur Eisenbereitung verwendet.

Rotheisenstein und Eisenglanz entstehen aus der Entwässerung der Eisenoxydhydrate, welche selbst unter Wasserbedeckung vorgehen kann. Sie erscheinen auf den Lagerstätten der Brauneisensteine pseudomorph nach diesen, als Afterkrystalle nach Kalkspath und vielen andern Mineralien. Sie sind ebenso

pseudomorph nach Thier= und Pflanzenformen, außerdem aber auch stalaktitisch und krystallisirt in allen Gebirgsformationen, sogar im jüngsten Schwemmlande (Auwal bei Prag), wenn auch vorherrschend in den ältern. Sie bilden mächtige Lager in den ältern Sedimenten und in metamorphosirten Felsarten, deren im Vorhergehenden schon mehrfach erwähnt wurde, und enthalten auf diesen, wie der Braun= und Spatheisenstein, gewöhnlich Kiesel, Thon, Kalk, auch andere für die Güte des Eisens nachtheilige Beimengungen. Nassau, der Harz, Thüringen und Böhmen sind mit Rotheisenstein reich versehene Länder.

Der Magneteisenstein, welcher vorzugsweise in den metamorphosirten Felsarten vorkommt, aber auch in manchen Thonschieferarten sich einstellt, ist oft aus andern Eisenoxyden dadurch entstanden, daß Kohlenstoff einen Antheil Sauerstoff entführte. Der vielen Magneteisensteinlagern eingemengte, einige Prozente betragende Kohlenstoffgehalt unterstützt diese Ansicht. Durch die chemische Einwirkung des Kohlenstoffes auf Metalloxyde können auch ohne Mitwirkung höherer Hitzegrade Metalloxydule, sogar Metalle entstehen, indem der Sauerstoff der Metalloxyde ganz oder theilweise mit dem Kohlenstoffe zu Kohlensäure zusammentritt. In manchen Fällen ist der Magneteisenstein auch als ein bei der Gesteinsumwandlung ausgeschiedener, auskrystallisirter Stoff zu betrachten, namentlich da, wo er, mit Granat und körnigem Kalke vergesellschaftet, mächtige Lager im Glimmerschiefer, Syenit und Gneuse bildet. Dieses Eisenerz findet sich sehr reichlich in Norwegen, Schweden, im Banat, in Thüringen, in Böhmen, weniger häufig auch im Nassauischen.

Manche Eisenerzlager sind entstanden, indem das Nebengestein seinen gesammten Eisengehalt oder doch den vorwiegenden Theil desselben dazu beisteuerte. Durch die erweichende und auflösende Wirkung des Wassers und der Säuren, welche aus der Zersetzung und Fäulniß von Thieren und Pflanzen oder auch aus der Vulkanicität der Erde hervorgingen, ward der Eisenoxyd= und Eisenoxydulgehalt der Gesteine aufgelöst und vermittelst chemischer Anziehungskräfte an einzelnen Stellen vereinigt. Entweder befestigte der als Lager vorliegende Kalkstein das über ihn hinfließende Eisen, indem er sich an dessen Statt in den Flüssigkeiten auflöste, oder ein über einem Kalkeinschluß gebildetes Eisensteinknöllchen zog, vermöge der allen Stoffen für das Gleichartige zukommenden Anziehungskraft (Attraktionskraft), die in seine Nähe kommenden Eisenpartikelchen an sich und schied sie aus der Lösung wiederum aus. Alle Eisensteinlager erscheinen denn auch als Oberflächenbildungen, welche nirgends in sehr bedeutende Tiefe niedersetzen. Höhen von 2—3000 Fuß sind noch unbeträchtlich im Verhältniß zum Erdhalbmesser, solche kommen aber bei Eisensteinlagern nur sehr selten und besonders nur da vor, wo ehemals wagrechte Lager durch Schichtenhebung in eine senkrechte Lage gekommen sind. In der Regel gehen die Eisensteinlager und Gänge nicht über 3—400 Fuß in die Tiefe, ja die meisten sind ganz oberflächlich entwickelt.



Fig. 43. Der Gardasee bei Gargnano.

Zweiter Abschnitt.

Der Bau der festen Erdrinde oder die Lehre von der Lagerung der Gebirgsstücke (Geotektonik).

Wie das Mineral aus den nebeneinander gelegten und sich durchdringenden Atomen der Elementarstoffe, wie die Felsart aus der Verwebung der Mineralien entstand und gebildet wurde, so besteht der Erdkörper, oder doch wenigstens seine uns zugängliche Rinde, aus einer Verbindung von Felsarten. Die Gesteine oder Felsarten liegen nicht in regelmäßigen Lagen, etwa wie die Schalen um eine Zwiebel, um den Erdkörper vertheilt, sondern sie machen die manchfaltigsten Krümmungen und Biegungen, sie reichen über einander hinweg, werden mächtiger und spitzen sich nach Länge und Breite aus. Ihre Schichtung und Absonderung ist übereinstimmend oder weicht von einander ab, indem sowol die Streichungs- als auch die Fallwinkel der Schichtenebene verschieden sind; sie durchschneiden sich endlich sogar, indem einige Felsarten die andern durchbrechen. Diese Anordnung der Gesteinsmassen ist jedoch keineswegs eine willkürliche, sondern sie ist an gewisse Regeln gebunden. Wenn nun auch bei der noch geringen Kenntniß, welche wir von dem Bau der Erdrinde und den sie zusammensetzenden

Felsmassen besitzen, die Aufstellung allgemeiner Gesetze, nach denen dieser Bau geordnet, noch unzulässig und sogar bedenklich erscheint, so ist doch für eine jede Gegend, nachdem die Lage und gegenseitige Beziehung der Schichten ermittelt worden sind, die Regel aufzufinden, welche bei der Zusammenfügung der Gebirgsstücke maßgebend war. Diese Regeln haben bis jetzt eigentlich nur für den praktischen Bergbau, für die Erschürfung und Gewinnung von Erzen und Kohlen, für die Erbohrung von Quellen und Gesundbrunnen einen Werth; nach und nach werden aber durch Vermehrung der Beobachtungen auch allgemein geltende wissenschaftliche Grundsätze daraus entspringen. Die Anordnung der Felsmassen bedingt wesentlich die äußere Form, die Physiognomie einer Gegend. Die Existenz des auf umstehender Abbildung Fig. 43 dargestellten Alpensees, des Lago di Garda ist ebenso abhängig vom Baue der Erdschichten, wie die der steilabstürzenden Felsen, welche ihn umgeben. Dieses Bild erinnert uns gleichzeitig daran, daß alle jene erhabenen und entzückenden Ansichten, wie sie die Hochgebirge und namentlich auch die Vereinigung von schroff ansteigenden Felsen mit spiegelnden Wasserflächen uns bieten, durch die Zusammenwirkung tief verborgener, oft wenig beachteter Erscheinungen bedingt. Die Zusammenfügung der Gesteinmassen übt unverkennbaren Einfluß auf Verlauf und Profil der Gebirgszüge, auf die Richtung der Flußläufe, auf die Verknüpfung von Bergland und Ebenen aus. Wir werden uns deshalb mit den hauptsächlichsten Lagerungsverhältnissen vertraut machen müssen, wenn wir eine Landschaft, die Oberflächenbildung eines ganzen Gebietes nicht blos anstaunen, sondern begreifen und verstehen lernen wollen. Da wir dabei jedoch öfters der Kürze wegen die in der Wissenschaft angenommenen Namen gebrauchen müssen, womit die Gesteinslager, als in verschiedenen aufeinander folgenden Zeiträumen entstanden, bezeichnet werden, so fügen wir eine chronologische Uebersicht der Gebirgsformationen hier bei.

I. Chronologische Uebersicht der Gesteinsformationen.

Die Felsarten, welche die feste Erdrinde bilden, folgen, wie gesagt, nicht regelmäßig aufeinander, wie Schalen die Erdkugel umgebend, sondern sie kommen in verschiedener Stärke und in ungleicher Flächenausdehnung gewissermaßen wie Schollen über und nebeneinander vor. Um die Schichtenverbände, welche während einer und derselben Entwicklungsperiode des Erdkörpers auf dessen Oberfläche abgesetzt wurden, zu bezeichnen, haben in den dieselben begleitenden Thier- und Pflanzenversteinerungen Unterscheidungsmerkmale aufgesucht werden müssen, welche wir im zweiten Bande ausführlicher besprechen werden. Nach diesen Merkmalen theilt man die Schichtenverbände in sogenannte Formationen ein, welche man häufig mit dem Namen der Gegend bezeichnet, in welcher sie am vollständigsten entwickelt vorkommen. Unsere Fig. 44 giebt eine Uebersicht dieser Formationen.

1. Als die älteste Gesteinsformation wird allgemein eine **Glimmer- und Thonschiefer-Schichtenfolge** angenommen, welche die ältesten, Versteinerung führenden Sedimente unterlagert. Da an vielen Orten aus jüngern und ältern Sedimenten nachgewiesenermaßen krystallinische Schiefergesteine entstanden sind,

so ist nur dann, wenn die silurischen Gesteine auf diesen krystallinischen Schiefern liegen, deren Alter mit Sicherheit festzustellen. Zuweilen wird diese Formation auch die Cambrische genannt, nach einer Gegend in England, welche ehemals von dem Volke der Cambrer bewohnt wurde.

2. Die erste, Versteinerungen führende Formation ist die in Deutschland allgemein als **Uebergangs- oder Grauwackenformation** bekannte zu nennen. Sie besteht aus mehreren Gliedern, welche sich nach den Versteinerungen unterscheiden lassen, nämlich:

a. Silurformation, nach der Gegend Englands benannt, welche ehedem von dem Volke der Silurer bewohnt wurde. Sie zerfällt wiederum in zwei Abtheilungen, worin Thon- und Kieselschiefer, Sandstein und Conglomerate mit Kalkstein und Diabasen vielfach wechseln, und enthält in manchen seltenen Fällen Steinsalz und Steinkohle.

b. Devonformation, nach der englischen Grafschaft Devonshire genannt, besteht ebenfalls aus zwei Abtheilungen, worin Sandstein, Thonschiefer, krystallinische Schiefer mit Versteinerungen, Schalstein, Diabas, Kalkstein in vielfältigem Wechsel aufeinander folgen oder sich vertreten. Steinsalz und Steinkohle kommen darin vor.

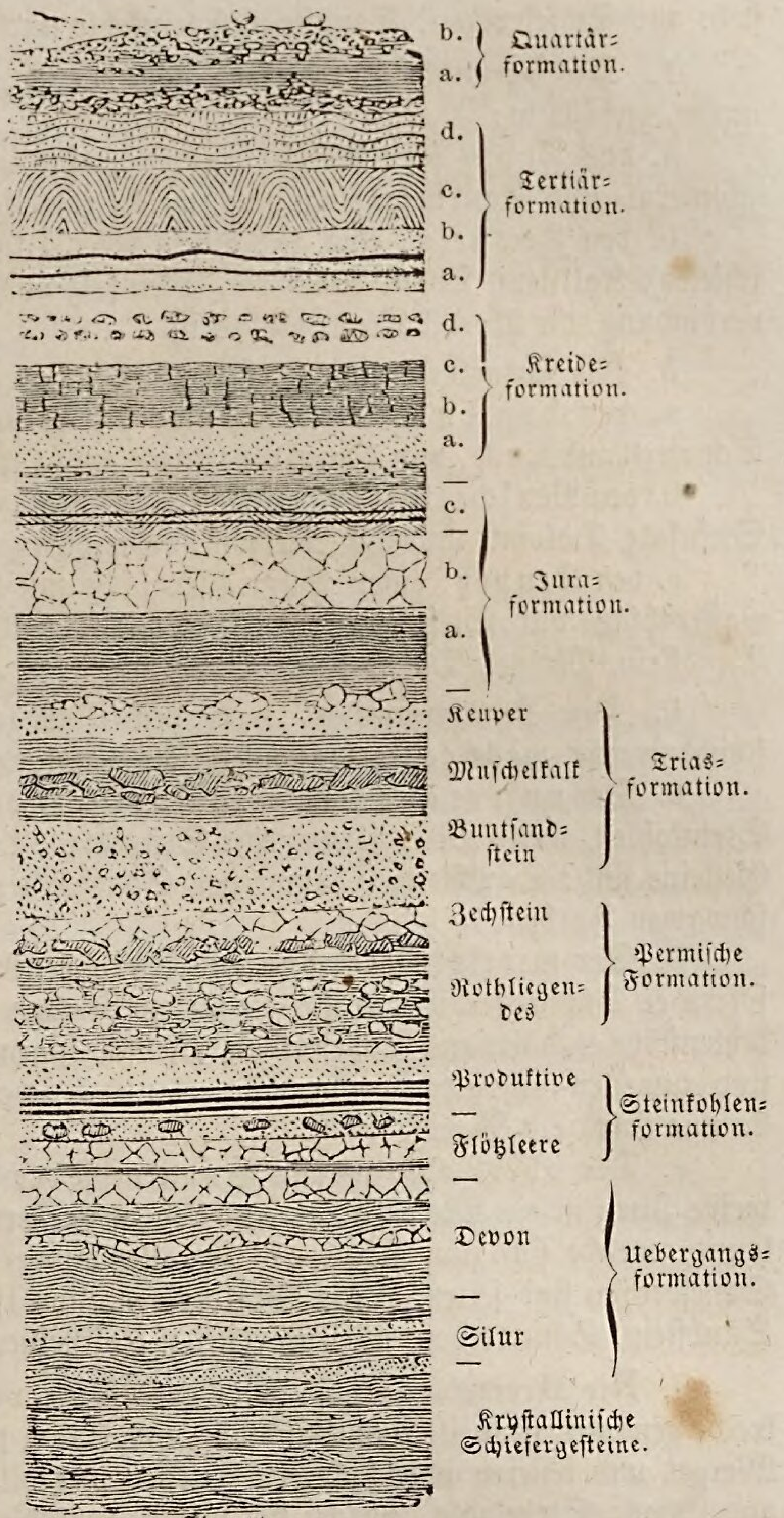


Fig. 45.

3. **Die Steinkohlenformation** ist ebenfalls aus zwei Abtheilungen zusammengesetzt, von denen die untere nur an wenigen Orten

bauwürdige Steinkohle enthält und deshalb die flötzleere Formation genannt wird. Diese ist vorherrschend Meeresbildung und umfaßt Kieselschiefer, Thonschiefer, Kalksteine, Conglomerate und Sandsteine. Die obere Abtheilung, die produktive Steinkohlenformation, ist vorzugsweise Süßwasserbildung und besteht aus Schieferthon, Sandstein, Steinkohle und wenigem Kalke.

4. **Die permische Formation**, nach der Grafschaft Perm in Rußland benannt, zerfällt in:

a. das Todt- oder Rothliegende, eine im süßen Wasser gebildete Conglomerat- und Sandsteinablagerung, welche zuweilen Steinkohlen umschließt;

b. den Zechstein, eine aus bituminösem, kupferhaltigen Schiefer (Kupferschiefer), Kalkstein, Thon, Anhydrit, Steinsalz und Dolomit bestehende Schichtenverbindung, die überall Meeresabsatz ist.

5. **Die Triasformation** (d. i. die dreigegliederte) wird eingetheilt in:

a. den bunten Sandstein, eine fast versteinerungsleere Sandstein- und Schieferthonbildung, von denen die letztere auch Gyps und Steinsalz enthält;

b. den Muschelkalk, einen Meeresabsatz, worin Kalkstein, Anhydrit, Gyps, Steinsalz, Dolomit und Schieferthon vorkommen;

c. den Keuper, einen Süßwasserabsatz mit Steinkohlen oder einen Meerwasserabsatz mit Steinsalz. Diese Schichtenverbindung umfaßt Schieferthon, Sandstein, Mergel, Dolomit und Gyps.

6. **Die Juraformation**, nach dem Juragebirge genannt, ist eine sehr schichtenreiche, mächtige Formation, welche in folgende drei Glieder zerfällt:

a. Der untere oder schwarze Jura (Lias), theils Süßwasserbildung mit Steinkohlen, theils Meerbildung mit Steinsalz. Die den Lias zusammensetzenden Gesteine sind: Sandstein, Thonmergel, Schieferthon, Kalkstein, meist von dunkeln, schwarzen Farben.

b. Der mittlere oder braune Jura besteht aus Sandstein, welcher, insofern er Süßwasserbildung ist, an vielen Punkten der Erde beträchtliche Steinkohlenflötze enthält; aus Schieferthon, eisenschüssigem und reinem Kalkstein. Letztere sind zuweilen als alte Korallenriffe erkannt worden; in der Regel ist der ganze braune Jura ein Meeresabsatz.

c. Der obere oder weiße Jura nebst der Wealderformation. Der weiße Jura ist ein Meeresabsatz und besteht vorherrschend aus Kalkstein und Dolomit, welche sich zum Theil als Korallenbauwerk darstellen. Sandstein und Schieferthon sind selten. Die Wealderformation ist eine Süßwasserbildung, aus Sandstein, Schieferthon, untergeordneten Kalksteinen und Steinkohlen bestehend.

7. **Die Kreideformation**, nach der in ihr vorkommenden weißen Schreibkreide genannt, ist theils aus Sandstein und Sand, theils aus Thon, Schieferthon, Mergel und festeren oder lockerern Kalksteinen gebildet. Sie enthält: Steinsalz und Gyps; Steinkohle, welche sich der Braunkohle nähert, ist bis jetzt nur an sehr wenigen Orten in dieser Formation beobachtet worden. Man theilt die ganze Formation ein in:

a. die Hilsformation } Quadersandstein,
b. die Gaultformation }
c. die Plänerformation,
d. die eigentliche Kreide.

8. **Die Tertiärformation**, so genannt, weil man die ältern Formationen bis zur permischen einschließlich als die von den Resten der ersten Thierschöpfung, die von der Trias bis zur Kreide für die von der zweiten und diese letztere Formation als die von Ueberresten der dritten Schöpfung erfüllten Gesteine ansah. Die Tertiärformation besteht aus mächtigen Ablagerungen von Conglomerat, Sandstein, Schieferthon, Thon, Sand, Kalkstein, Gyps und ist zum Theil Süßwasserbildung mit Braunkohlen, zum Theil Meeresabsatz mit Steinsalz. Man unterscheidet in ihr:

a. Eocen, c. Miocen,
b. Oligocen, d. Pliocen.

9. **Die Quartärformation** besteht aus Ablagerungen, welche ebenfalls zum Theil unter Meeresbedeckung, zum Theil aus Süßwasser oder auf dem Festlande entstanden; sie werden in zwei Abtheilungen gebracht:

a. ohne menschliche Reste (Diluvium),
b. mit menschlichen Resten (Alluvium).

Sie bilden sich noch heute und bestehen aus Sand, Sandstein, Thon, Lehm, Kalk, Gyps, Steinsalz und Torf.

Wir erkennen aus dieser Zusammenstellung, daß zu allen Zeiten gleiche Gesteine gebildet sind, daß keine Formation in dieser Beziehung vor der andern etwas voraus hat. Die Eruptivgesteine oder Laven sind zu allen Zeiten auf gleiche Weise aus den Tiefen der Erde emporgetreten; die ältern sind jedoch der Umwandlung mehr unterlegen als die jüngern. In diese Umwandlungsprozesse wurden auch viele Sedimente mit hereingezogen, so daß es oft fast unmöglich ist, die metamorphosirten Eruptiv= von den metamorphosirten Sediment=Gesteinen zu unterscheiden. Nach der allgemeinen Annahme gehören die

Diorite und gewisse Felsitporphyre der Uebergangsformation,

Melaphyr und Felsitporphyr der Steinkohlenformation bis zur Juraformation herauf an.

Basalt und Trachyt sind der Tertiärformation eigen.

Granit, Syenit und Serpentin sind metamorphosirte Gesteine sehr verschiedenen Alters.



Fig. 45. Die Homboriberge im West-Sudan (Trachyt).

II. Lagerung der Gesteine.

1. Allgemeine Betrachtungen.

Die Felsmassen bestehen, wie wir im ersten Abschnitte dargelegt haben, aus einzelnen Absonderungsstücken, welche sich entweder allmälig, so wie sie im Laufe der Zeiten gebildet wurden, übereinander legten, oder welche entstanden, als das Gestein bei seiner Erhärtung, Austrocknung oder Erkaltung sich in sich selbst zusammenzog. Eine jede derartige, aus solchen Absonderungsstücken gebildete Felsmasse wird, insofern sie in allen ihren Theilen aus gleichem Stoffe besteht, ein Gebirgsglied genannt. Wenn sich die Theile eines Gebirgsgliedes in der Länge und Breite, oder nach der Tiefe hin in ununterbrochenem Zusammenhange befinden, so ist dasselbe anstehend; als Gegensatz zu abgerissenen Gebirgsstücken, welche durch irgend ein Ereigniß aus dem früher bestandenen Zusammenhange gekommen sind.

Je nach der Absonderung werden geschichtete und massige oder ungeschichtete Gebirgsglieder unterschieden. In Fig. 46 sind die Grauwacke, die Kohlenformation, das Rothliegende geschichtet, der Porphyr dagegen ist ungeschichtet. Je nach dem Grade der Ausdehnung in Länge, Breite und Dicke unterscheidet man sie als vorherrschende oder untergeordnete. Die Kohlen=

lager a in Fig. 46 sind der Kohlenformation untergeordnete Gebirgsstücke; die Schichten c c sind vorherrschende. Die Gestalt der untergeordneten Massen giebt Veranlassung zur Trennung in linsenförmige, sphäroïdische und keilförmige Massen, welche Lager genannt werden, insofern sie mit der Schichtungsrichtung des vorherrschenden Gesteines übereinstimmen, oder Gänge heißen, insofern sie jene Schichtungsrichtung kreuzen. Unter der Bezeichnung Stöcke, stockförmige Einlagerungen, werden sehr dicke (mächtige), nach der Länge wenig erstreckte untergeordnete Gebirgsglieder verstanden.

Zuweilen geht ein Gebirgsglied in seiner Längen- oder Breitenerstreckung in ein anderes, von verschiedenartigem Stoffe gebildetes über, oder es endet plötzlich an einem solchen und wird gewissermaßen von diesem abgelöst, wie an einem Federhalter das stählerne oder metallene Rohr, in welchem die Stahlfeder festgehalten wird, nach der Länge von dem hölzernen Stiele ersetzt wird. Diese Erscheinung, welche die stellvertretende (substituirende) Lagerung heißt, ist begründet in der Entstehungsweise der Gesteinsmassen. Wenn in einen See verschiedene Flüsse an einer Stelle sandige, an der andern thonige Schlammtheile einführen, wenn

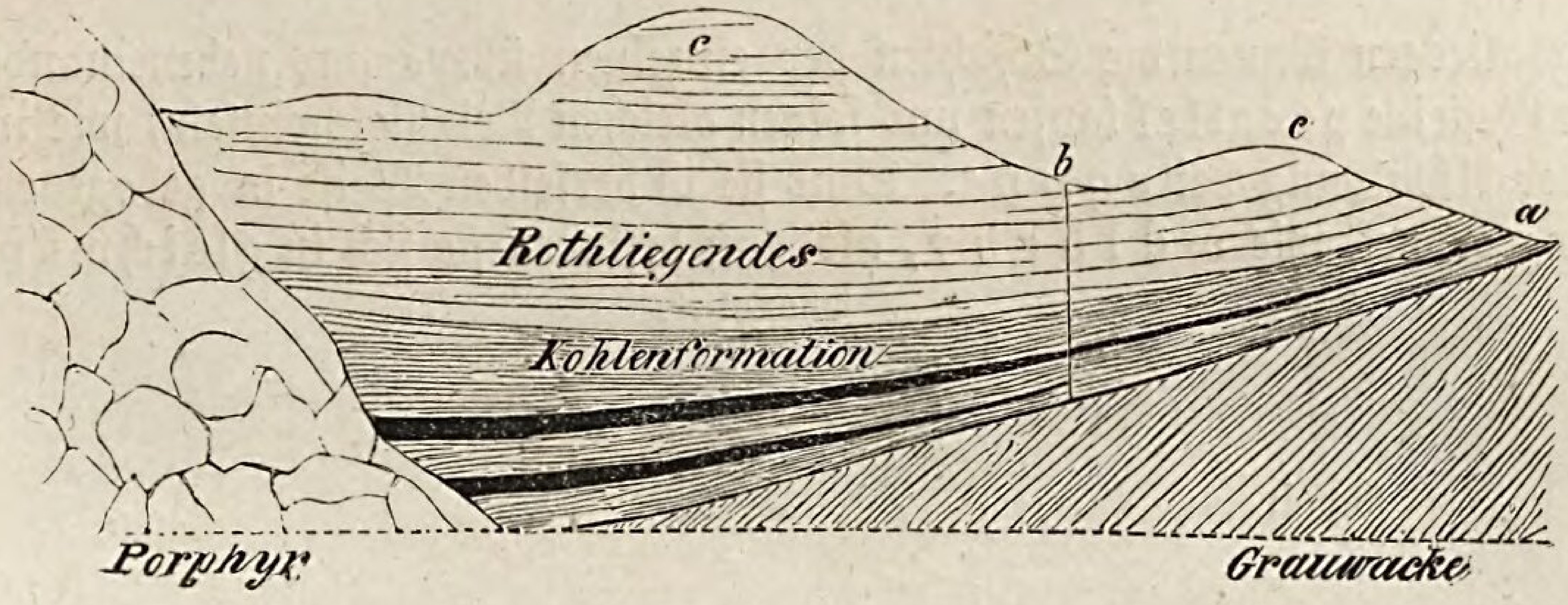


Fig. 46.

gleichzeitig die Verbreitung von kalkausscheidenden Wasserpflanzen an einer begrenzten Oertlichkeit den Niederschlag des Kalksteines begünstigt, so entstehen hier sandige, dort kalkige, dort thonige Absätze und Schichten, welche entweder allmälig in einander verlaufen oder sich schärfer von einander sondern. Die Sand- und Geröllmassen werden der Mündung des einen Flusses nahe niedersinken und eine mehr oder weniger steilgeneigte Böschung annehmen, je nachdem die fortstoßende Wirkung der Flußströmung mehr oder weniger heftig war; die Schlammtheile dagegen werden sich weit bis in die Mitte des Seebeckens bewegen, um daselbst mehr wagrechte Schichten zu entwickeln. Wird die Zuführung der Grand- und gröberen Sandmassen zeitweise unterbrochen, und findet sie nur bei starken Fluten zu gewissen Jahreszeiten statt, so werden inzwischen schlammige Schichten über die Geröll- und Sandabsätze hin gebildet werden. Unter Umständen können nun auch an Ort und Stelle gewachsene oder periodisch zugespülte Pflanzen auf den Sand und thonigen Schlamm herabsinken. Hierdurch entstehen Steinkohlenlager, wie solche bei Fig. 46 a innerhalb dieser Formation

angedeutet sind. Es können Kalkniederschläge erfolgen, welche sich gleichmäßig verbreiten. Auf diese Thon-, Kohlen- und Kalklager folgen dann, je nachdem die Flüsse Material zuführen, wieder Geröll und Sand. Wechseln auf solche Weise verschiedene Gebirgsarten mit einander ab, so entsteht die ineinandergreifende und die wechselnde Anordnung der Gebirgsglieder.

2. Lagerungsverhältnisse der Gesteine.

Lagerung nennt man das Verhältniß, in welchem die einzelnen, die feste Erdrinde zusammensetzenden Gebirgsglieder zu einander stehen. Bei geschichteten

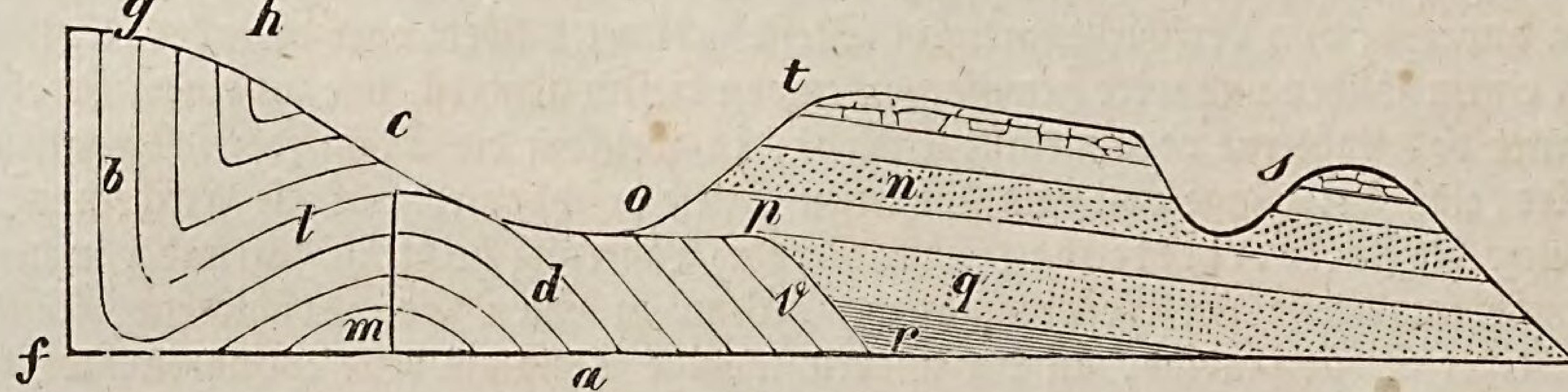


Fig. 47.

Gebirgsgliedern können die Schichten der einzelnen über- und nebeneinander liegenden Gesteine parallel laufen und folgen gleichen Neigungswinkeln, wie in vorstehender Abbildung bei r q p n t. Sind sie in derselben Weise in gebogenen Formen angeordnet, wie m d l b c h v, alsdann befinden sie sich in gleichmäßiger,

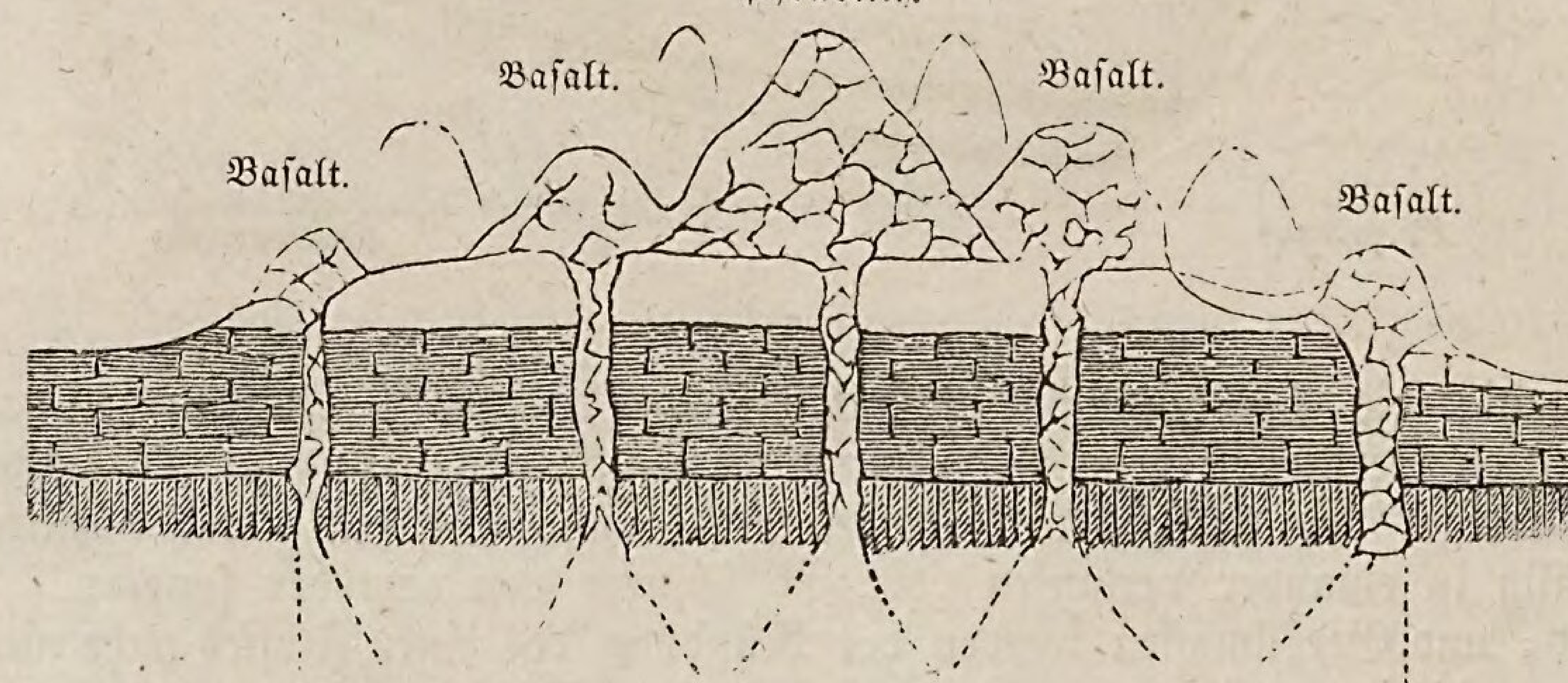


Fig. 48.

übereinstimmender (concordanter) Lagerung. Weichen sie von einander ab, wie die beiden Gebirgsglieder d v und r q p n, so heißt das Verhältniß die ungleichmäßige (discordante), oder die übergreifende Lagerung, wenn die Gebirgsstücke mit abweichender Schichtung übereinander stoßen, wie v d und o p. Sind die Schichten eines Gebirgsstückes wagrecht (horizontal) oder sanft geneigt wie r q p n, so haben wir die flache Lagerung oder Auflagerung; sind sie nach unten gekrümmt, wie g b l, die muldenförmige; sind sie nach oben gebogen, wie l c d, die sattelförmige; bei Wiederholung der Mulden und Sattel

die gefaltete, und endlich die steile Lagerung oder Anlagerung, wenn sie, wie v, mit steilern Schichten einfallend neben einander liegen. Das steile Schichten-Fallen bezeichnet der Bergmann mit dem Ausdrucke saiger, oder auf dem Kopfe stehend, das Flache dagegen mit söhlig. Wo die Schichten eines Lagers über- oder nebeneinander liegend frei an die Oberfläche treten, wie bei g h oder o t und s, da haben wir sein Ausgehendes oder seine Schichtenköpfe vor uns. Das Verhältniß, welches sich darstellt, wenn die Schichten des einen Gebirgsstückes stumpf vor denen der andern endigen, wie r q und v, wird das Abstoßen, Absetzen genannt. Die Unterlage eines Gebirgsstückes heißt dessen Sohle, dessen Liegendes; die Decke eines solchen dessen Dach oder Hangendes.

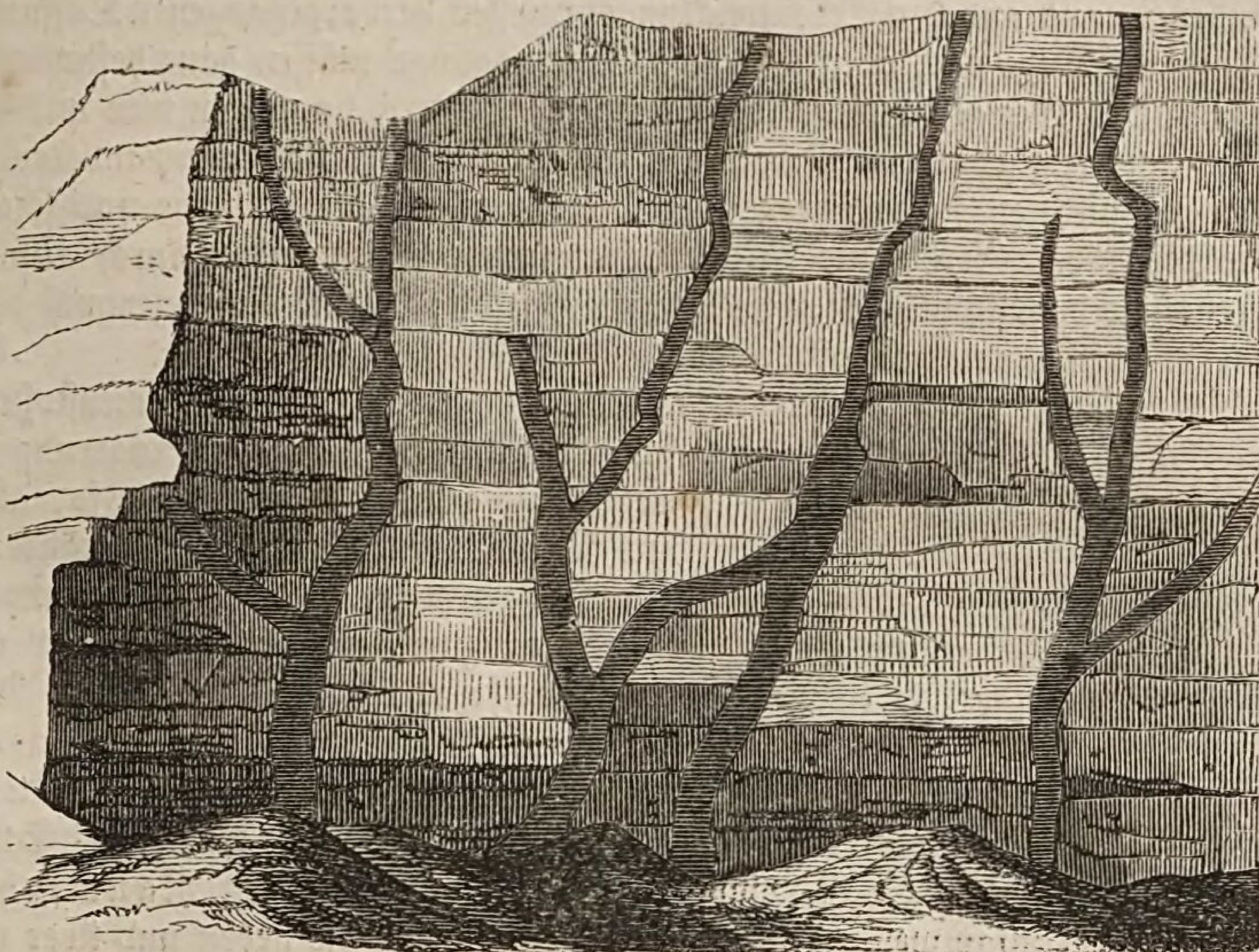


Fig. 49.

Wenn geschichtete mit eruptiven oder vulkanischen Gebirgsgliedern vergesellschaftet sind wie in Fig. 48, so treten andere Verhältnisse hervor. Die Eruptivgesteine, in nebenstehender Fig. 48 Basalt und Phonolith, durchsetzen auf Spalten die flach liegenden Schichten der sedimentären Gebirgsglieder. Die als flüssige Lava von unten herauf gehobenen Eruptivgesteine flossen, als sie die Oberfläche erreichten, über und bildeten dabei Schlackenkegel und Lavaströme. Sehr oft reichen die eruptiven Gesteine, welche auf Spalten in den Sedimenten aufsetzen, nur bis an die Oberfläche ohne übergeflossen zu sein, oder drangen selbst nicht einmal bis dahin. Sie endigen vielmehr, weil die Spalten, auf welchen sie heraufgehoben wurden, nicht nach oben offen waren, mitten im Gesteine, wie in Fig. 49, welche durch Diorit bewirkte Spalten-

ausfüllungen in einem ältern Sedimente darstellt. Die Schichten des Absatzgesteines sind durchaus nicht in ihrer horizontalen Lage verändert. Der Diorit ist vielfach verästelt, als Lava-Erguß in den Spalten emporgedrungen, welche sich durch vorausgehende Erderschütterungen und Hebungen geöffnet hatten. Er hat dieselben vollständig ausgefüllt und so jenes Aderwerk dargestellt, welches unsere Abbildung zeigt.

Die Verästelung und das netzartige Ineinanderlaufen der Spaltenausfüllungen der Gesteinsgänge. Die Eruptivgesteine haben sich die Spalten, auf denen sie durch hochgespannte Gase und Dämpfe aus der Erdentiefe emporgehoben wurden, nicht selbst gebildet; sie benutzten einfach die schon vorher vorhandenen, aus anderen Erdentwicklungsprozessen hervorgegangenen Oeffnungen und Risse als Wege nach oben. Solche Gesteinsgänge müssen ganz bestimmt von den eigentlichen Gängen unterschieden werden. Letztere, sie mögen nun mit Erzen oder nur mit krystallisirten Mineralien ausgefüllt sein, sind ganz anderer Entstehung; sie bildeten sich während der Metamorphose der Gesteine und schafften sich wie die Erde, Geröll und Fels durchdringende Baumwurzel durch allmälige Stoffzunahme den Raum, dessen sie bedurften, selbst; sie sind ein Erzeugniß des in den Tiefen stattfindenden Stoffwechsels.

Wenn metamorphosirte Gesteine mit nicht umgewandelten zusammenstoßen, so sind die Erscheinungen der Lagerung entweder sehr gestört, oder gänzlich so, als ob mit keinem der Massen eine Veränderung vorgegangen wäre. Die Gesteinsumwandlung war zuweilen verbunden mit einer Stoffaufnahme oder mit einer Ausdehnung der, sich in krystallinische Formen anordnenden Substanzen: alsdann quollen die umgewandelten Schichten auf; sie vermehrten ihre Raumverhältnisse (ihr Volumen). Oder die Umwandlung war mit Stoffabnahme verbunden; die Gesteinlager verminderten ihren Rauminhalt, sie sanken in sich zusammen. In beiden Fällen wurden die neben und über ihnen liegenden Schichten in ihrer ursprünglichen Lagerung gestört, sie wurden aufgehoben, gequetscht, gebogen oder sie sanken nach und bildeten Einsenkungen, Mulden, Falten, Knickungen und zerbrachen wol gar in einzelne Stücke. War die Metamorphose schon vollendet, als sich eine neue Schicht über das früher vorhandene anlegte, so blieb die Anordnung der neuen Schicht ungestört. In Fig. 50 sind einige Verhältnisse zwischen im Innern der Erdrinde umgewandelten aufgequollenen Massen und vor der Umwandlung derselben schon vorhanden gewesenen Sedimentgesteines dargestellt. Das durch f g bezeichnete Gestein ist ein krystallinisches (Granit), welches theils aus der Umwandlung eines Lagers entstand, theils feuerflüssig der Tiefe entstieg und eine vorhandene Spalte ausfüllte. Es ist der von rechts nach links schraffirten Schicht bei f unterlagert und greift mit einzelnen Stücken in dieselbe ein; es ist untergreifend. Bei g ist seine Lagerung durchgreifend, bei h h eingreifend. Das mit k bezeichnete Granitstück, welches

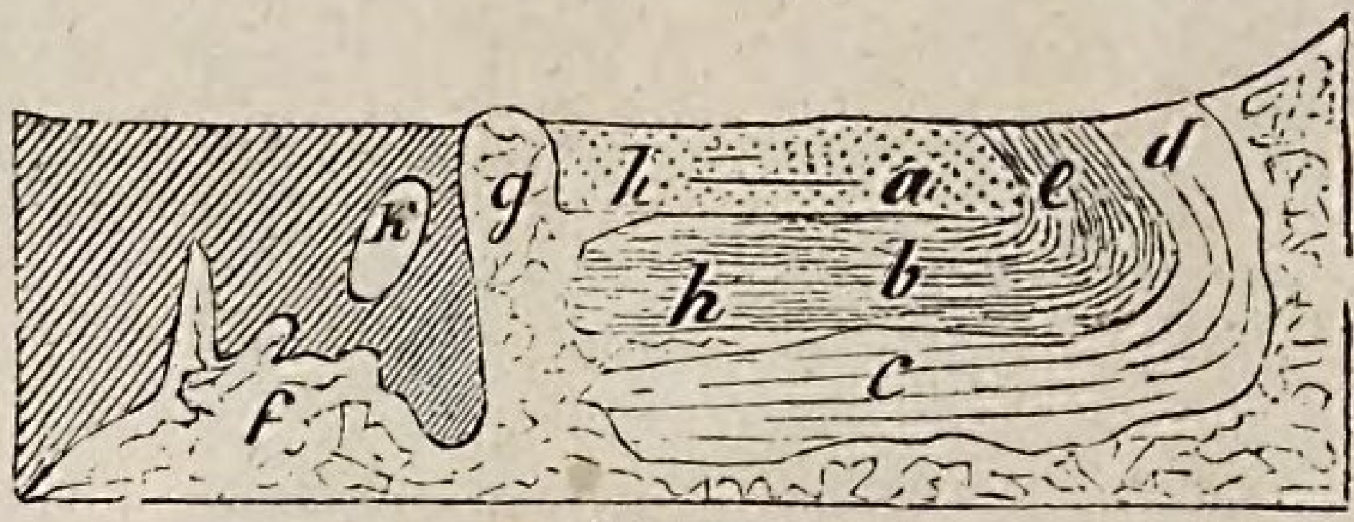


Fig. 50.

sich inmitten eines andern Gesteines eingeschlossen ausgebildet hat, ist abgeschlossen gelagert. Die Sedimentgesteine a b c folgen sich zum Theil in gewöhnlicher (normaler) Lagerung; zum Theil ist diese ungewöhnlich (abnorm), wie bei e d, wo das ältere Gebirgsstück durch die Aufquellung des Granites um und über das jüngere Stück e herübergebogen worden ist.

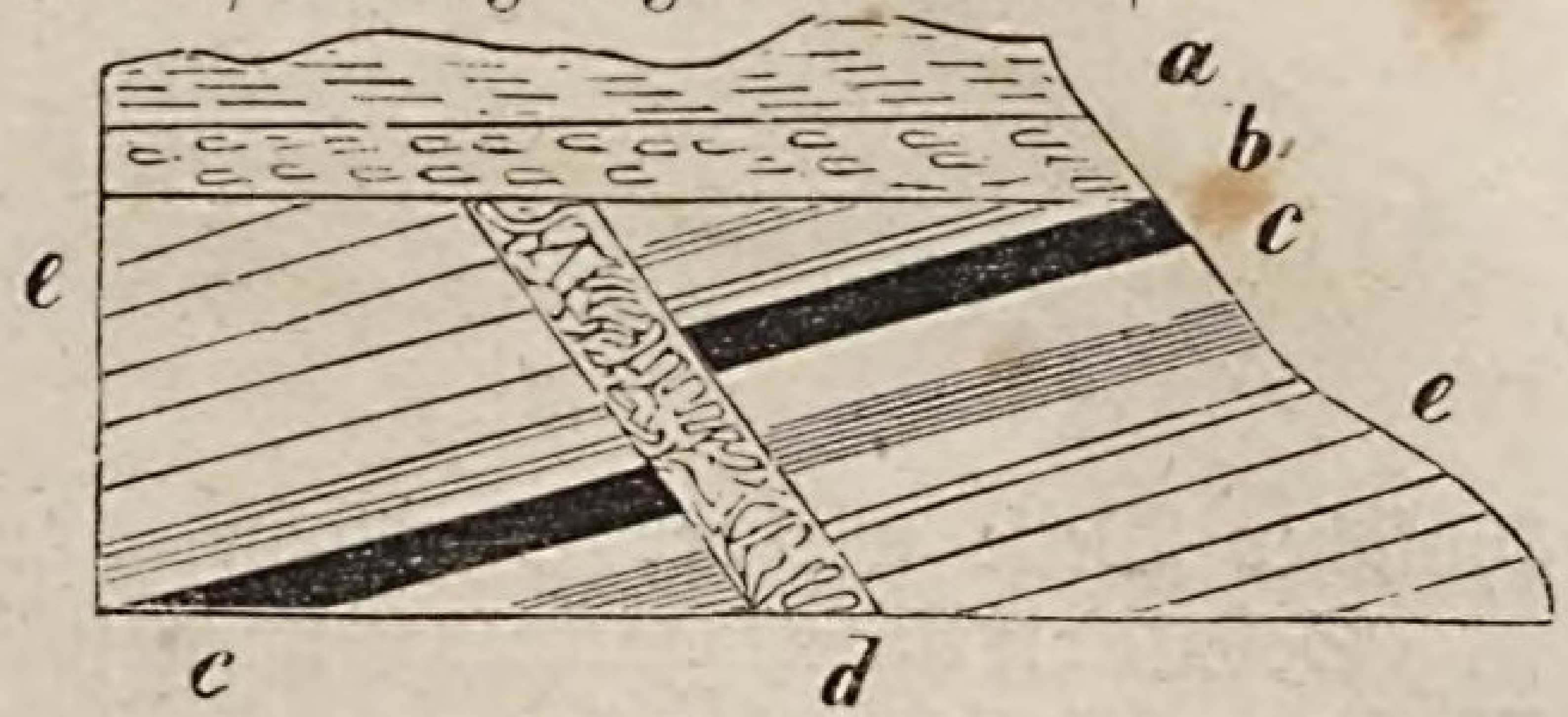
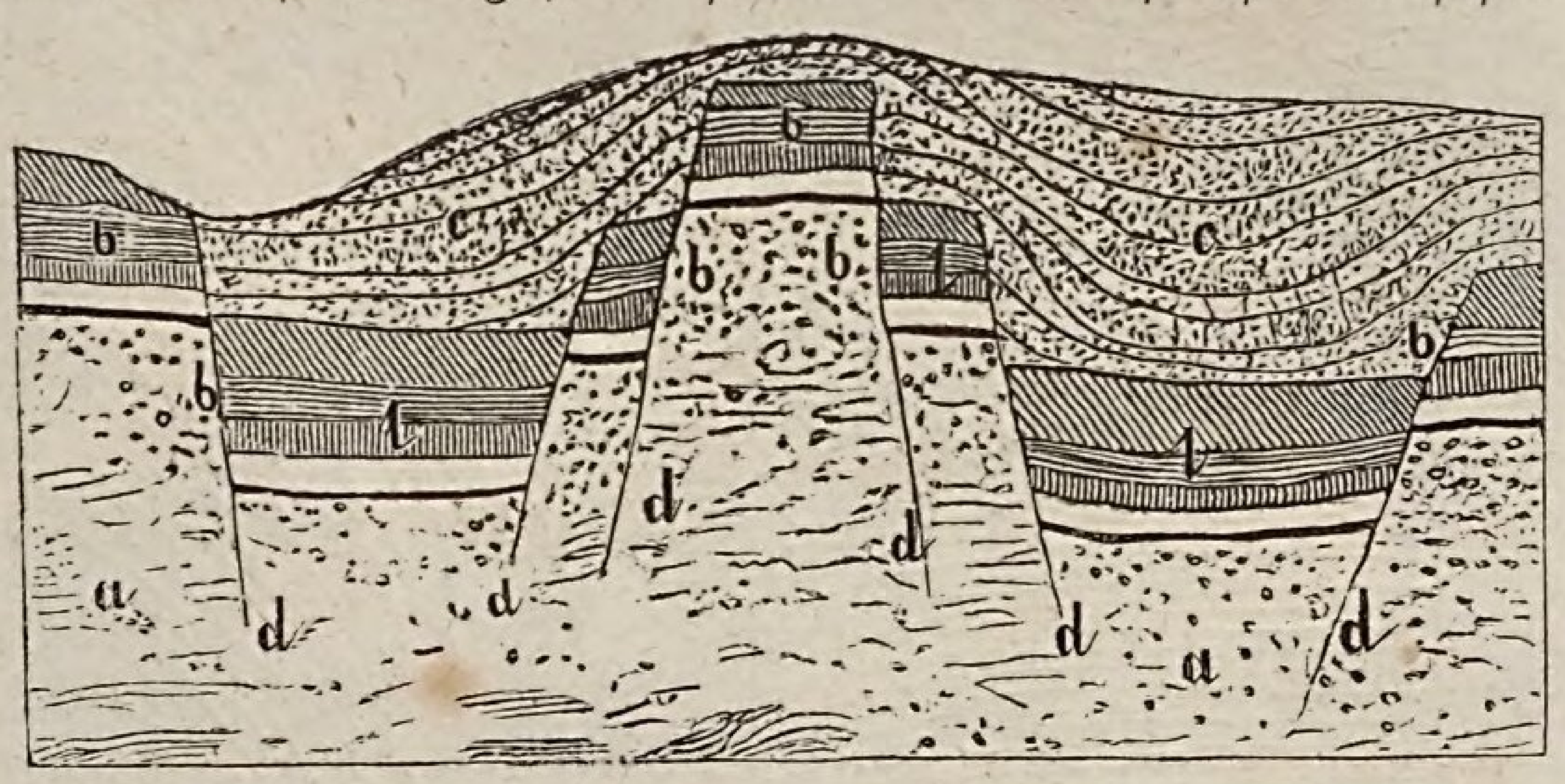


Fig. 51.

Wenn Spalten in abgelagerten Gesteinen entstanden, so waren sie meistens senkrecht stehend und die geneigte Lage, wie wir sie in nebenstehender Fig. 51 sehen, ist zumeist erst Folge einer spätern Hebung oder Senkung der gesammten Umgebung. Bei der Spaltenbildung, wenn sie durch Hebung erfolgte, was bei Erdbeben der Fall zu sein pflegt, wurden die Schichten der Sedimente verschoben, so daß sie, wie c und c nicht mehr zusammen passen. Solche Spalten konnten sich durch Eruptivgestein ausfüllen, in Fig. 51 das Gestein d, und sobald diese Lava durch Umwandlung krystallinische Form annehmend aufquoll, ward das eine auf dem Gesteinsgange d liegende Stück, das Hangende desselben, abermals nach oben verschoben. Wenn nun die Oberflächen der so verschobenen Lagerstücke durch die abnagende Kraft des bewegten Wassers geebnet wurden, so konnten sich neue Lagen b a horizontal in discordanter Lage auflegen.

Häufig folgen sich solche Verschiebungen der Gesteinslager in regelmäßiger Weise, ohne daß ein Eruptivgestein die Klüfte ausgefüllt hätte. Wenn solche Verschiebungen, wie in der nebenstehenden Fig. 52 sich in entgegengesetztem Sinne wiederholen, so nennt man die Erscheinung ein Grabengebirge. Es kommen solche Graben sehr oft im Zechsteine vor, dessen wir im zweiten Bande gedenken werden. Sie haben ihren Grund in theilweisen Einsinkungen der Unterlage, denen die Conglomerate des Rothtodtliegenden a a mit dem darüber liegenden, aus Mergel, Kalk, Gyps und Dolomit zusammengesetzten Zechsteine folgten. Die eingesunkenen, oft weithin fortziehenden, steilrandigen Vertiefungen werden Graben, die dazwischen liegenden Erhöhungen Rücken genannt. Die einzelnen Gebirgsstücke setzen scharf an den Klüften d d d ab. Ueber das gebildete Grabengebirge hin haben sich Sandsteinmassen c gelegt, deren Schichtung mit der Unterlage nicht übereinstimmt.


Fig. 52. Grabengebirge von Riechelsdorf.

Gleicher Veranlassung verdankt die stufenweise Lagerung, Fig. 53, ihre Entstehung. Auch hier wurden einzelne Theile der Unterlage der in horizontalen

Schichten abgesetzten Gebirgsstücke durch eine mit Stoffabnahme verbundene Metamorphose fortgenommen; die Bedeckung dieser Unterlage sank ein. Demnach unterscheidet sich die stufenweise Lagerung von der grabenartigen nur durch die Aneinanderreihung der zerbrochenen Schichten. An einer Stelle bei a sind die Stufen so weit auseinander geschoben, daß sich ein Gebirgskeil von oben in die Spalte einlegen konnte, in ganz ähnlicher Weise wie der Sandstein c in Fig. 52 sich in die Graben einsenkte.

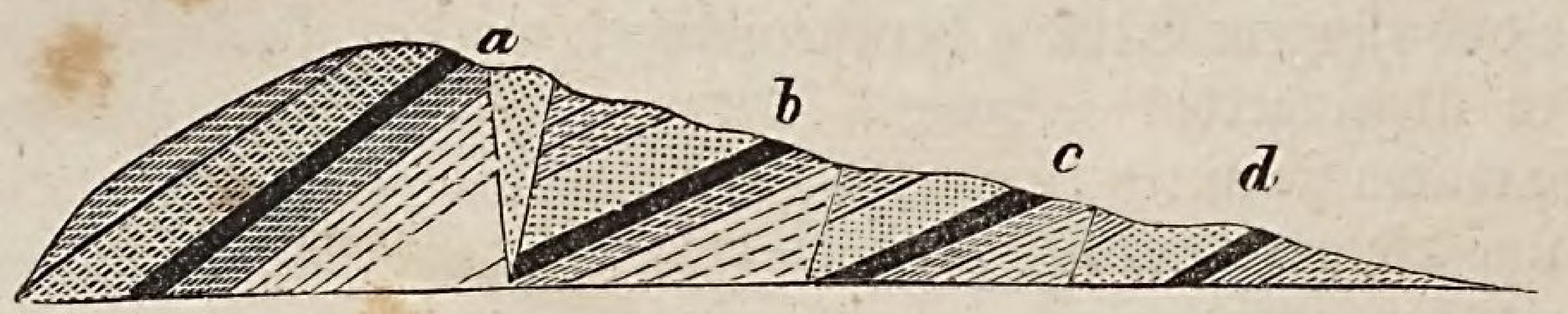
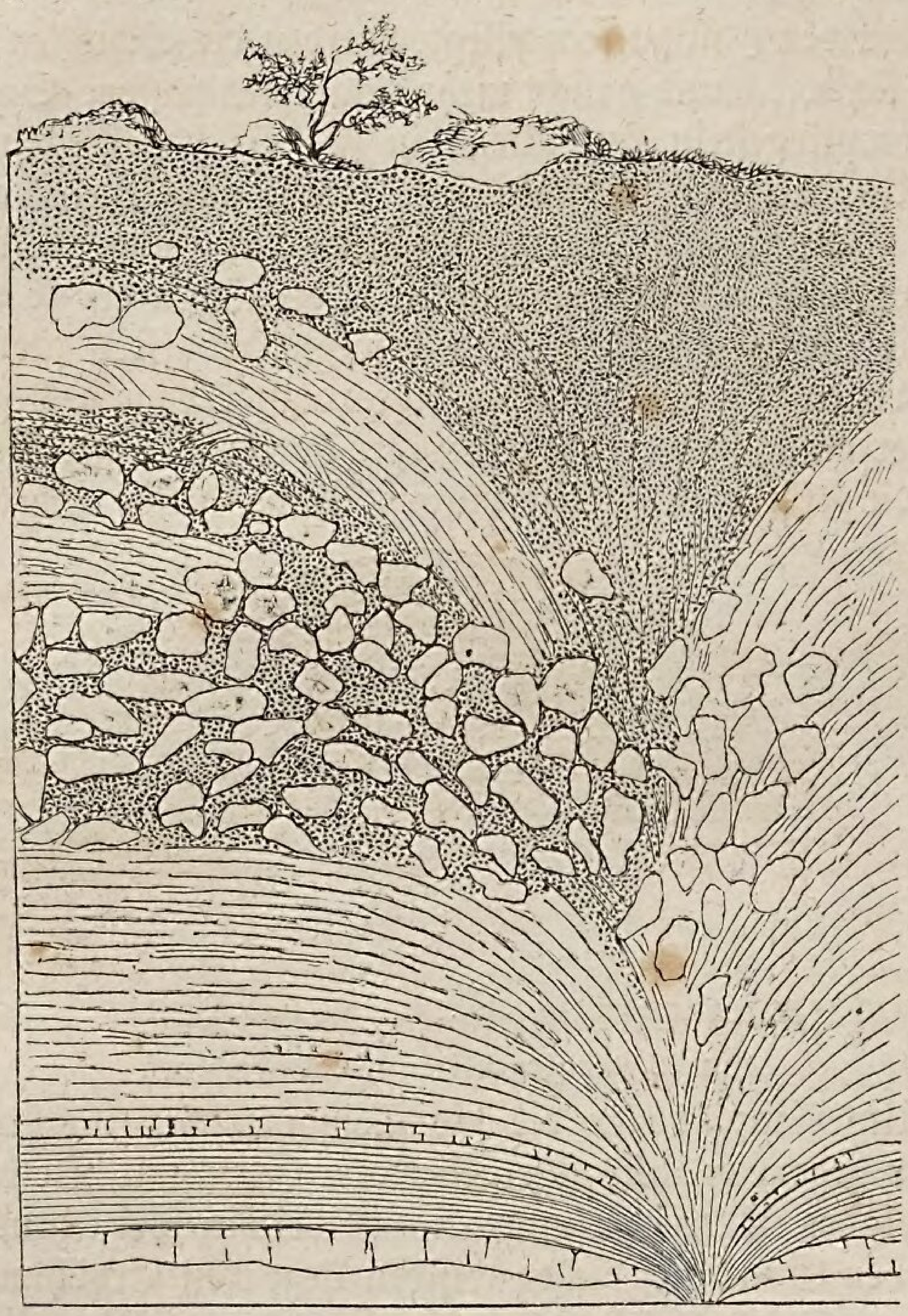


Fig. 53.

Sobald die Unterlage eines Gebirgsstückes aus einzelnen, leichter oder schwerer in Wasser auflöslichen Stoffen, wie Steinsalz, Gyps und Kalk, besteht, sobald auf Klüften und Spalten jenes Gebirgsstückes Wasser zu dieser Unterlage dringen, sie auflösen und fortwaschen kann, müssen Höhlungen in der Tiefe entstehen; diese breiten sich zunächst gewölbartig aus und sind mit Wasser gefüllt. So widerstehen sie eine Zeit lang noch dem Drucke der Dachgesteine. Brechen aber die gewölbartigen Decken ein, welche diese Höhlen nach oben abschließen, so entstehen Erdfälle, Vertiefungen an der Oberfläche, welche oft einen großen Umfang erreichen und sich sehr häufig mit Wasser füllen. Sanken nur einige Stellen der Gewölbe zusammen, bildeten sich Oeffnungen darin, so konnte das überliegende Gestein durch Wasser in die Höhle gespült und diese allmälig von oben ausgefüllt werden. Es ist dies der Fall, den die nebenstehende Fig. 54 verdeutlicht. Die Oeffnung ist bei a. Die über diesem Punkte liegenden Schichtengesteine sind trichterförmig in sie hereingerissen. Später ward dieser Trichter


Fig. 54. Durchschnitt einer Diamantgrube.

mit Geröll und neuen Schlammabsätzen erfüllt. Sehr verwickelt wird die Lagerung, wenn Einsenkungen und Aufschwellungen der Unterlage eines Gebirgsstückes zusammenwirkten. Die Fig. 55 giebt ein Bild von einer noch sehr einfachen Erscheinung dieser Art. Die Unterlage der Stellen a a a a sank, die von ihr ge-

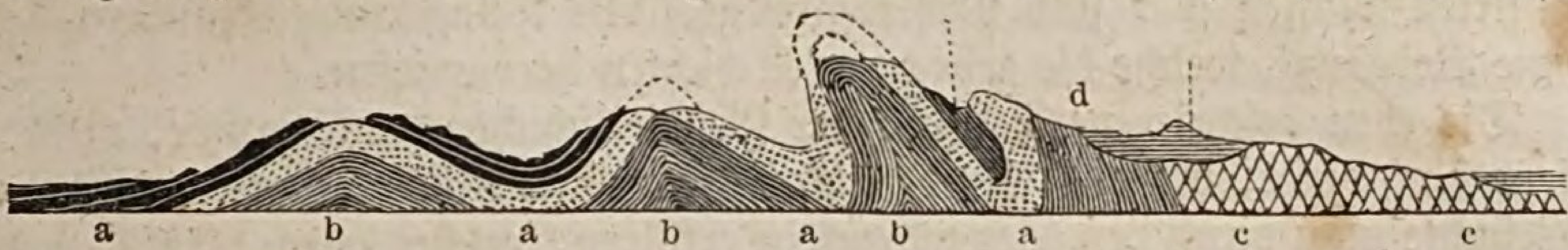


Fig. 55.

tragenen Schichten sanken mit und bogen sich zu Falten und Mulden ein. An den durch b b b bezeichneten Punkten fand ein Aufquellen der Unterlage statt, etwa als wenn der aus den Stellen a a entführte Stoff sich hier wieder angesammelt hätte. Dadurch wurden die überliegenden Sedimente gehoben; ihre



Fig. 56. Gebogene Schichten zu Garrylucas Shore, Oldhead of Kinsale in Irland.

Schichten erlitten eine Krümmung aufwärts; es entstanden Sattel. Bei c c kam das aus der Umwandlung hervorgegangene neue Gestein, welches die Aufhebung der Schichten an den Punkten b b b bewirkte, zum Vorschein, und schob in seiner Nähe die Massen dichter zusammen. Bei der Aufbiegung zerbrachen die Schichten auf den höchsten Punkten der Sattel; die Ausspülung durch Verwitterung und

Wasserfluten kam dazu, so daß dort tiefere Gesteinslagen als in den Mulden zum Vorschein kommen. Auf diese Weise erklärt sich das sehr oft bemerkbare Auftreten älterer Gesteinschichten auf den Höhen der Berge, während die jüngeren Ablagerungen an den Gehängen und in den Thälern verbreitet sind. Die wagrecht schraffirten Massen d d sind nachträglich gebildete Ablagerungen jüngern Alters als die Vorgänge, welche die gebogenen Schichten hervorriefen.

Die eben beschriebene Faltung der Gesteinsschichten und ganzer, mehr als tausend Fuß dicker, oft viele hundert Quadratmeilen Fläche bedeckender Gebirgsstücke suchte man durch den Seitendruck zu erklären, welcher durch plötzlich emporgestiegene, mächtige Gesteinsmassen hervorgebracht worden sein sollte; man nahm an, daß dadurch jene ehemals horizontal gelagerten Massen zusammengeschoben worden seien. Viele in der Natur vorkommende derartige Gebirgslager haben eine sehr steil aufgerichtete Schichtung, so daß sie, wenn sie in ihre frühere wagrechte Lage ausgebreitet würden, mindestens die drei-, oft die zehnfache Länge einnehmen müßten. Da nun in den meisten Fällen nirgends in der Nähe die Eruptivgesteine nachzuweisen sind, welche so ungeheuere Lasten durch Seitendruck in Bewegung hätten setzen können, so muß jene Erklärung als mit der Natur nicht übereinstimmend aufgegeben werden. Allerdings tritt mitunter die Erscheinung der gebogenen Schichten auch in kleinerm Maßstabe ein. Besonders kommt es vor, daß Sandstein und Thonschiefer theils durch Senkungen, theils durch Hebungen der Gesteine vielfach gebogen werden. Die Abbildung auf Seite 99 zeigt dergleichen gebogene Schichten im Sandstein zu Garrylucas Shore (Oldhead of Kinsale in Irland). Solches läßt sich auf denselben Urgrund zurückführen wie der vorige Fall. Jene Senkung und Hebung kann eine Folge von Stoffab- und Stoffzuführung sein.

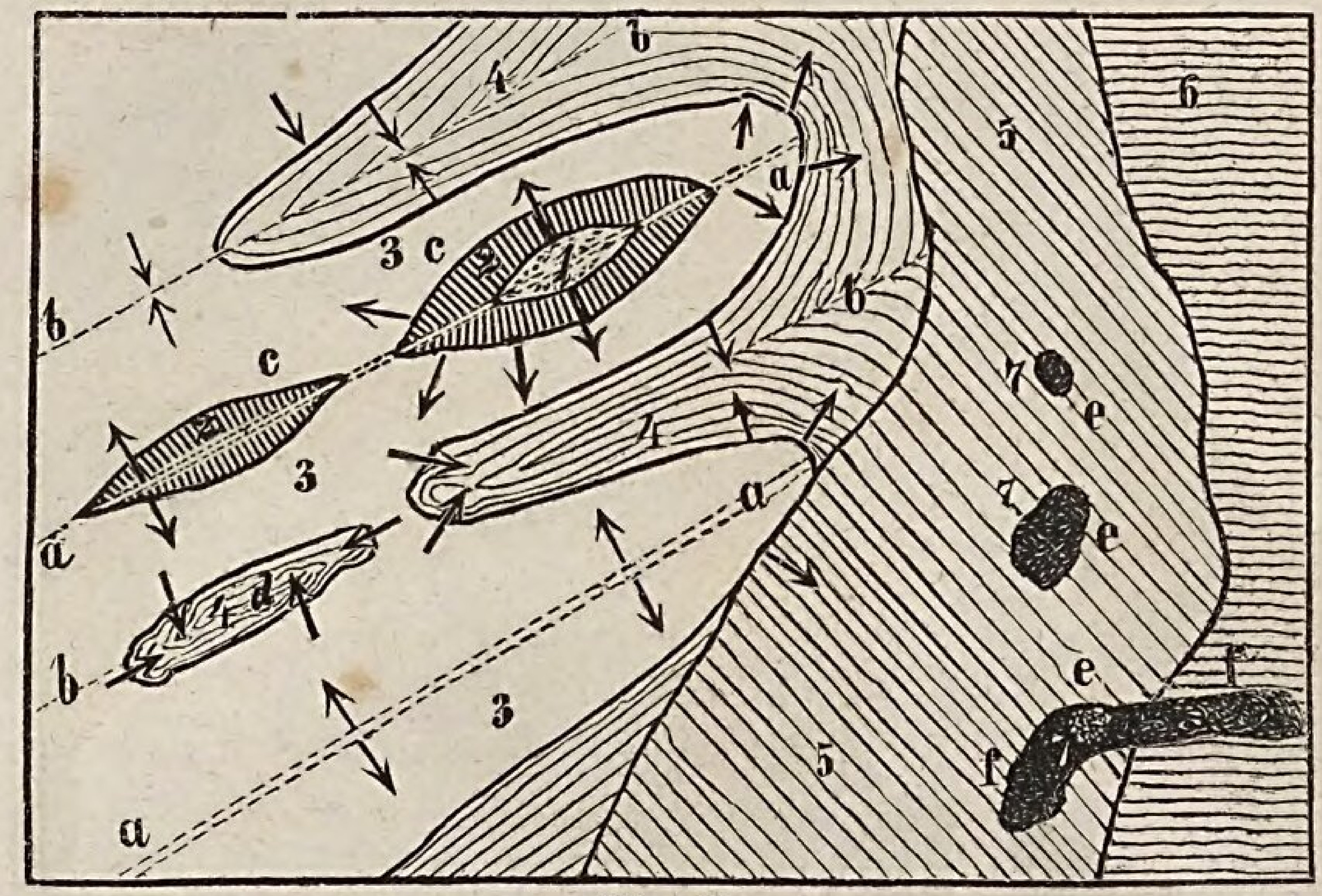


Fig. 57.

Wir haben uns im Verlaufe vorzugsweise mit der Anordnung der Gebirgsstücke übereinander in vertikaler Richtung beschäftigt; wir wollen nun noch einige bemerkenswerthe Verhältnisse besprechen, welche die Anordnung der Lager in wagrechter Ausdehnung betreffen. In nebenstehender Fig. 57 bedeutet 1 das älteste, also unterste bekannte Gestein, 2 ist das ihm im Alter folgende auf ihm liegende, an welches sich 3 und endlich 4 schließt. Diese vier Gebirgsarten bilden ein Faltensystem, demjenigen ähnlich, welches die Fig. 56 im senkrechten Durchschnitte darstellte. Die Pfeile bezeichnen die Richtungen, wohin die Schichten geneigt sind. a a stellen die

höchsten Punkte der Sattel, die Linien b b die tiefsten Stellen der Mulden dar. Die Gebirgsart 1 erhebt sich aus den Gesteinen 2 und 3 auf der Höhe eines Sattels als Kuppe (c), welche von 2 und 3 ringförmig umlagert wird. Dasselbe ist mit 2 der Fall in Beziehung auf 3. Die Gebirgsart 4 macht am Rande der 3 eingreifende muldenförmige Um- und Anlagerung, in dem kleinen Stück d eine geschlossene Mulde. Alle diese Gebirgsstücke sind sedimentären Ursprunges; sie wurden in einer ununterbrochenen Reihenfolge aus dem Wasser niedergeschlagen und ihre anfangs wagrechten Schichten erhielten erst nachträglich durch Umwandlungen in der Unterlage die jetzige Neigung und Faltung, wobei auf den Satteln Aufbrüche erfolgten, aus denen die tiefern Schichten kuppenartig hervorstehen. Die Gesteine 5 und 6 sind viel jüngerer Bildung als das mit 4 bezeichnete, ihre sehr flachwinklige Schichtenneigung erfolgte nach einer andern Richtung. Das Gebirgsstück 5 ist mit den Schichten 4 und 3 in ungleichmäßiger (discordanter) Lagerung; es ist übergreifend gelagert. Die Gebirgsart 7 7 7 stellt ein Eruptivgestein dar, welches die 5 durchbrochen hat und auf derselben Kuppen e oder (Lava)-Ströme f f darstellt. In dem Nachfolgenden verweilen wir nun noch bei jenen, zwar der Masse nach nicht vorwiegenden, aber für den Bergbau höchst wichtigen Gängen, welche durch Erze gefüllt sind.

3. Verhalten der eigentlichen Gänge oder Erzgänge zum Nebengesteine und unter sich.

Nochmals sei in das Gedächtniß zurückgerufen, daß die Gesteinsgänge, deren wir in der Abbildung Fig. 49 und Fig. 58 vor uns haben, ganz verschieden sind von den sogenannten eigentlichen Gängen, den Erzgängen. Die bisher besprochenen Gesteinsgänge sind Spaltenausfüllungen in allerlei Gesteinen; sie sind auf Klüften aus den Tiefen hervorgequollene Lavamassen. Die Klüfte und Spalten, welche ihnen zum Wege nach oben dienten, waren vorher durch Hebung oder Erdbeben geöffnet, die Lava ward in sie hereingetrieben und nahm auf ihrem Wege allerlei losgebrochenes Gestein mit in sie herein. Auf ihnen findet keine zonenweise Anordnung der Mineralien statt; sie haben kein eigentliches Saalband. Fig. 58 stellt zwei solcher Spaltenausfüllungen von Melaphyr im Syenit dar; es ist deutlich zu erkennen, wie die Melaphyr-Lava Spalten folgte, welche die Absonderungsstücke des Syenites quer durchbrochen hatten.

Die eigentlichen oder Erzgänge durchschneiden oder durchsetzen ebenfalls die Schichten der Sedimente oder die Absonderungen der krystallinischen Gesteine; sie öffnen sich wie jene nach oben oder sind nach oben verschlossen; sie verlieren sich aber immer nach unten und keilen sich aus, und wenn auch bei manchen dieses untere Ende noch nicht durch den Bergbau erreicht worden ist, so kann es doch bei sehr vielen nachgewiesen werden. Sie stehen niemals, wie die Gesteinsgänge auf Fig. 48 mit oben übergequollenen, ihrer Ausfüllung gleichen Gesteinsmassen in Verbindung, wenn sie auch öfters mauerartig über die Oberfläche hervorragen. Diese mauerartigen Hervorragungen entstanden, als das

zerstörbarere Nebengestein der Gänge abwitterte und fortgespült wurde, während die, in solchen Fällen gewöhnlich aus Quarz bestehende festere Gangmasse stehen blieb. Ihre Stärke (Mächtigkeit) ist sehr verschieden und wechselt von wenigen Linien bis zu vielen Fußen; es giebt Quarzgänge von 50 Fuß Dicke, welche durch Auswitterung als hundert Fuß hohe weit fortziehende Felskämme dastehen, und an deren Seiten große vom Gang herabgefallene Quarzstücke umher liegen, z. B. die Quarzgänge von Reichenbach im Odenwalde, die von Usingen im Taunus und



Fig. 58.

jene von Bernkastel an der Mosel. Die Mineralien sind auf ihnen stets lagen- oder zonenweise angeordnet, in der Weise, daß diese Zonen den Seitenwänden der Gänge gleichlaufen; außerdem wechselt sowol nach ihrer Längen- als Höhenerstreckung ihr Mineralgehalt; sie bestehen nicht wie die Gesteinsgänge überall aus denselben Stoffen. Diese Eigenthümlichkeiten lassen sie als eine ganz besondere Klasse von Lagerstücken erscheinen, deren Verhältnisse unter einander und zum Nebengesteine wir nunmehr etwas näher betrachten wollen.

Fig. 59 stellt den Durchschnitt eines Gebirgsstückes dar, auf welchem unter der Bezeichnung gewöhnlicher Gang ein etwas geneigt stehendes Lager sichtbar wird, welches die Schichten des Sedimentes, worin es vorkommt, quer durchschneidet. So müssen wir uns alle eigentlichen Gänge denken, ähnlich wie die Spalten d d d in Fig. 52. Gewöhnlich sind in der Nähe der Gänge die

Schichten der Gesteine, in denen sie aufsetzen, aus ihrer Lage verschoben, wie in Fig. 52, oft ist dieses Verhältniß jedoch nicht deutlich erkennbar, besonders wenn das Nebengestein beiderseits dasselbe und gleich ist, wie in Fig. 59. Wo das Sedimentgestein an dem massigen Gesteine auf unserer Fig. 59 abstößt, ist ein Contactgang, Berührungsgang, vorhanden; er liegt mit dem massigen Gesteine gleichlaufend und durchschneidet die Schichten des Sedimentes.

Die auf der Abbildung Fig. 59 schwarz schraffirte Masse, welche größtentheils mit den Schichten des Sedimentes parallel läuft, bezeichnet einen Lagergang, welcher mit einem Ausläufer in Verbindung steht, der seinerseits wie ein eigentlicher Gang die Schichten kreuzt. Lagergänge können zwar dieselben Entstehungsursachen haben, wie eigentliche Gänge, alsdann ist das Vorkommen von Ausläufern bei denselben leicht erklärlich, sie können ebenso dem Nebengesteine ihre Erzführung verdanken; sie gehören aber eigentlich zu den Lagern. Nie scheiden sie sich durch ein Saalband vom Nebengesteine, und wenn sie sich auch von ihrer Unterlage auch scharf ablösen, so verlaufen sie in der Regel doch allmälig in ihre

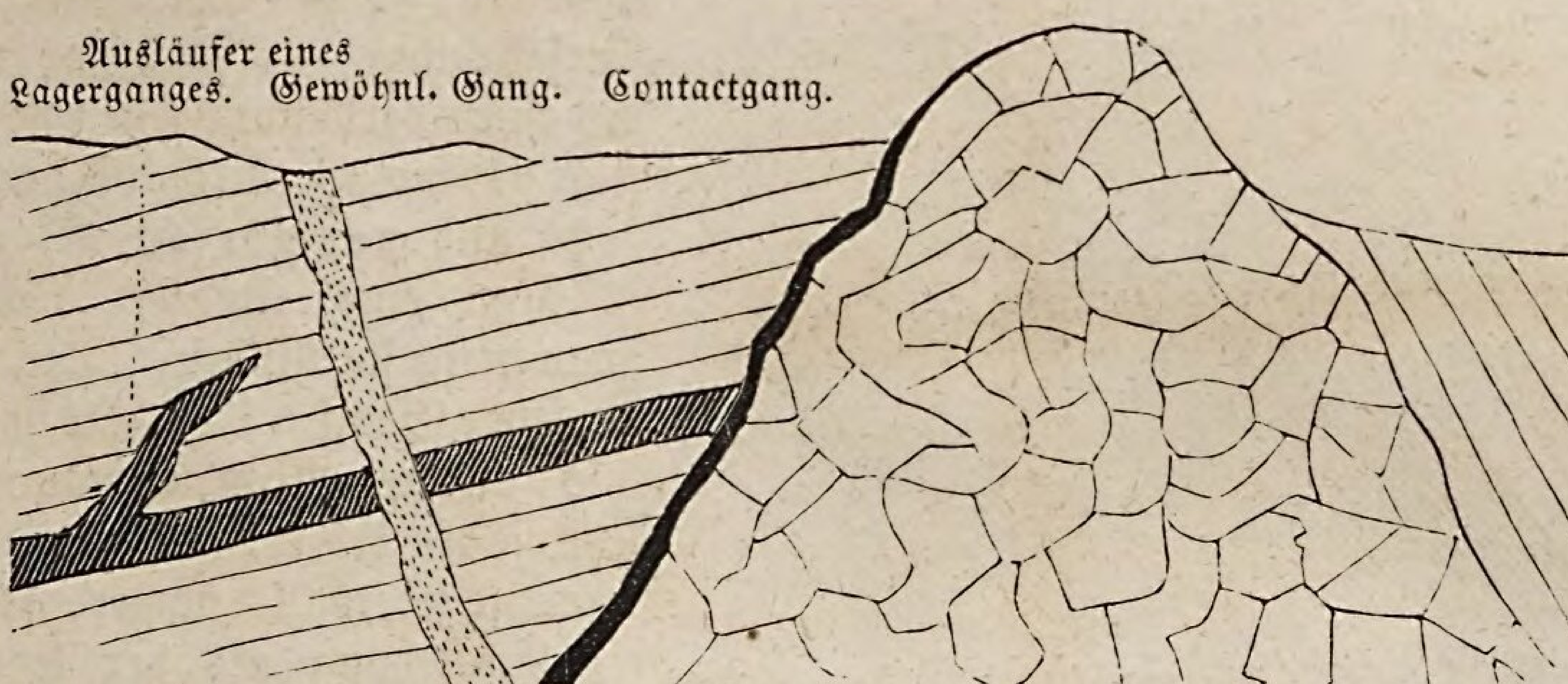


Fig. 59.

Decke. Die Gänge dringen in der Regel nicht sehr tief in die Erde ein, auch erstrecken sie sich meistens nicht beträchtlich in die Länge. Gewöhnlich laufen mehrere nebeneinander oder so, daß der eine da beginnt, wo der andere endet, oder sie kreuzen sich und bilden ein Gangnetz. Meistens erscheinen sie wie große aneinandergereihte, ganz flachgedrückte sphäroïdische Körper, welche sich nach allen Richtungen ausspitzen, auskeilen; zuweilen jedoch setzen sie auch an einem andern Gesteine scharf und in ganzer Mächtigkeit ab, sie werden abgeschnitten, oder sie verlaufen in viele Aestchen, sie zertrümmern. Die Richtung des Ganges nach der Länge wird sein Streichen genannt; er kann mit den Schichten parallel streichen oder sie auch in diesem Sinne kreuzen. Die Längenausdehnung eines Ganges bezeichnet der Bergmann durch das Wort Zufeldesetzen, ein Wort, welches von dem Gebrauche die Lagerstätten nutzbarer Mineralien unter die Bergbaulustigen in einzelne Felder zu vertheilen, herkommt. Das Eindringen eines Ganges in die Tiefe wird sein Einfallen genannt; dieses findet in verschiedenen Neigungswinkeln statt und kann flach oder saiger (senkrecht) sein.

Fällt der Gang nach derselben Weltgegend wie das Nebengestein, so heißt er recht fallend; fällt er gegen das Einfallen der Schichten, so wird er widersinnig fallend genannt. Im Fallen wie im Streichen kommen die nebeneinander aufsetzenden Gänge öfters in Berührung. Das einfachste Verhältniß der Art ist, das in Fig. 60 dargestellte, wo die nebeneinander herlaufenden Gänge a a und b b zuerst sich einander nähern, einander zulaufen oder, wenn es in senkrechter Stellung erfolgt, einander zufallen; alsdann eine Strecke lang dicht aneinander geschlossen fortsetzen, sich schleppen und endlich wieder auseinander gehen. Wo sich die Gänge schleppen, sind sie oft sehr reich an Erzen, während sie sonsthin vielleicht ganz ohne Erzgehalt oder doch wenigstens sehr arm waren. Wenn sich zwei Gänge durchschneiden, so kann dies mit einer Verschiebung — Verwerfung des einen verbunden sein, wie in Fig. 61, wo a a durch b b durchsetzt und verworfen ist, oder es kann eine einfache Durchkreuzung stattfinden. Der verwerfende Gang b b enthält immer eine andere Mineralzusammensetzung als der verworfene. Ersterer ist jedenfalls jünger, späterer Entstehung als der letztere. Beim Bergbau sind gewisse Regeln festgestellt worden, nach denen die verworfenen Gänge wieder aufgesucht werden können; denn die Verwerfung findet nur dann statt, wenn der verwerfende

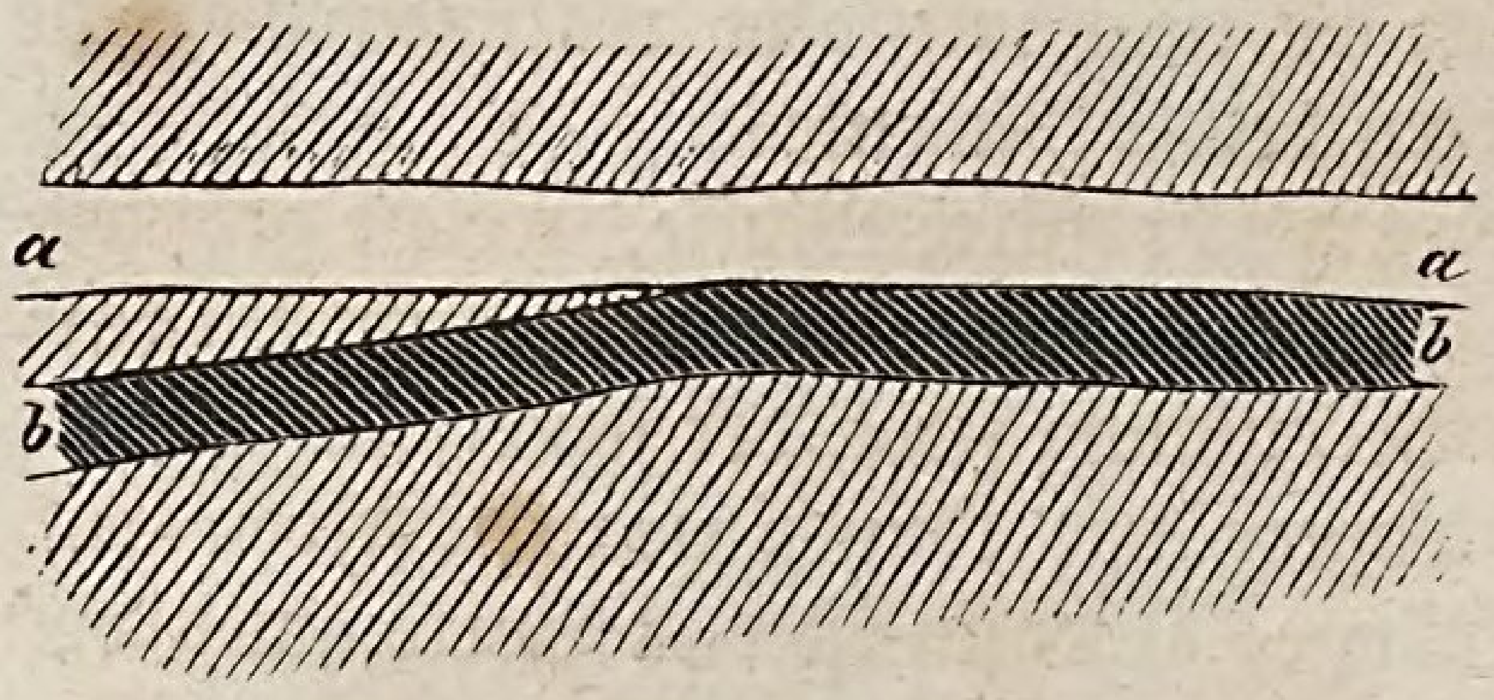


Fig. 60.

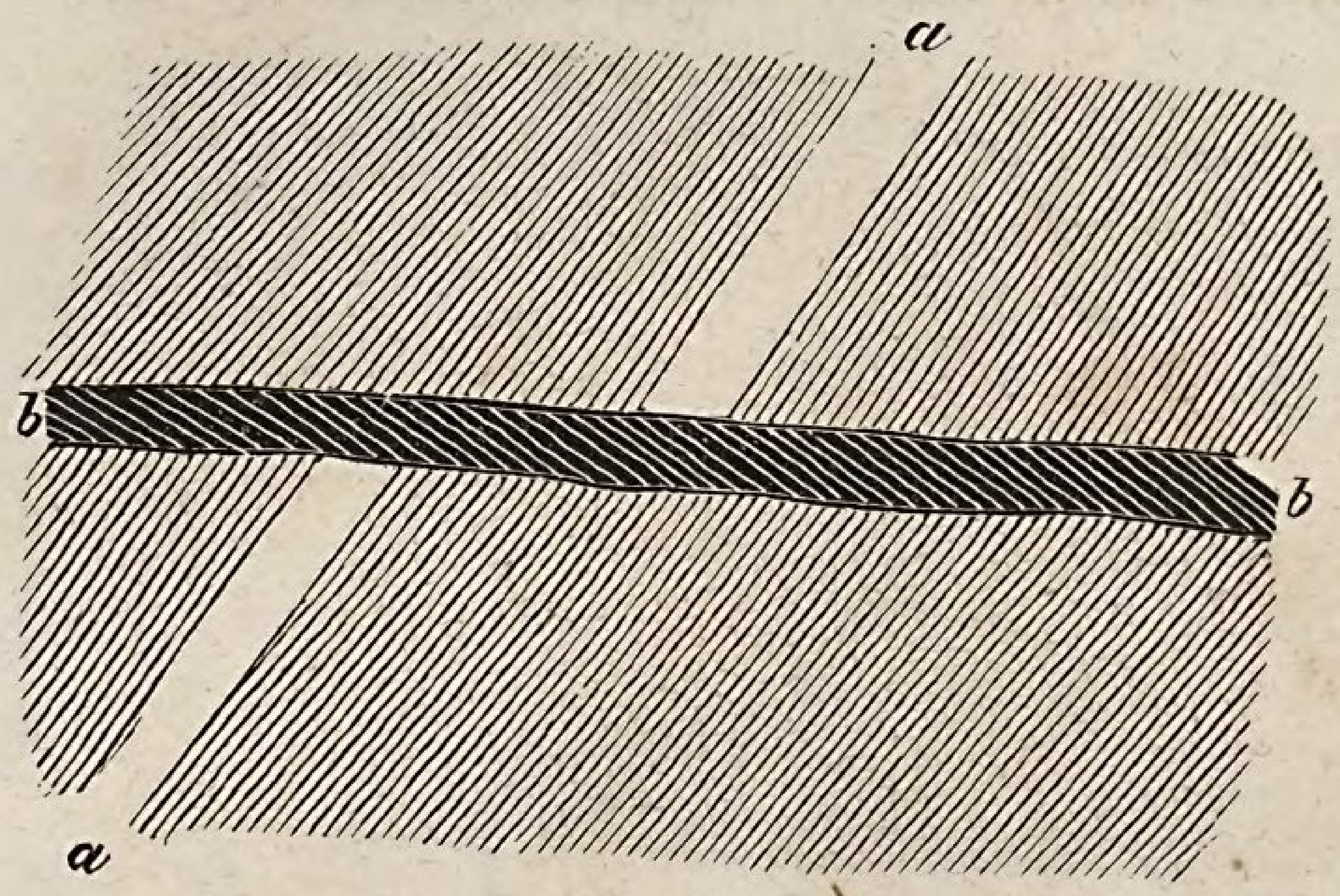


Fig. 61.

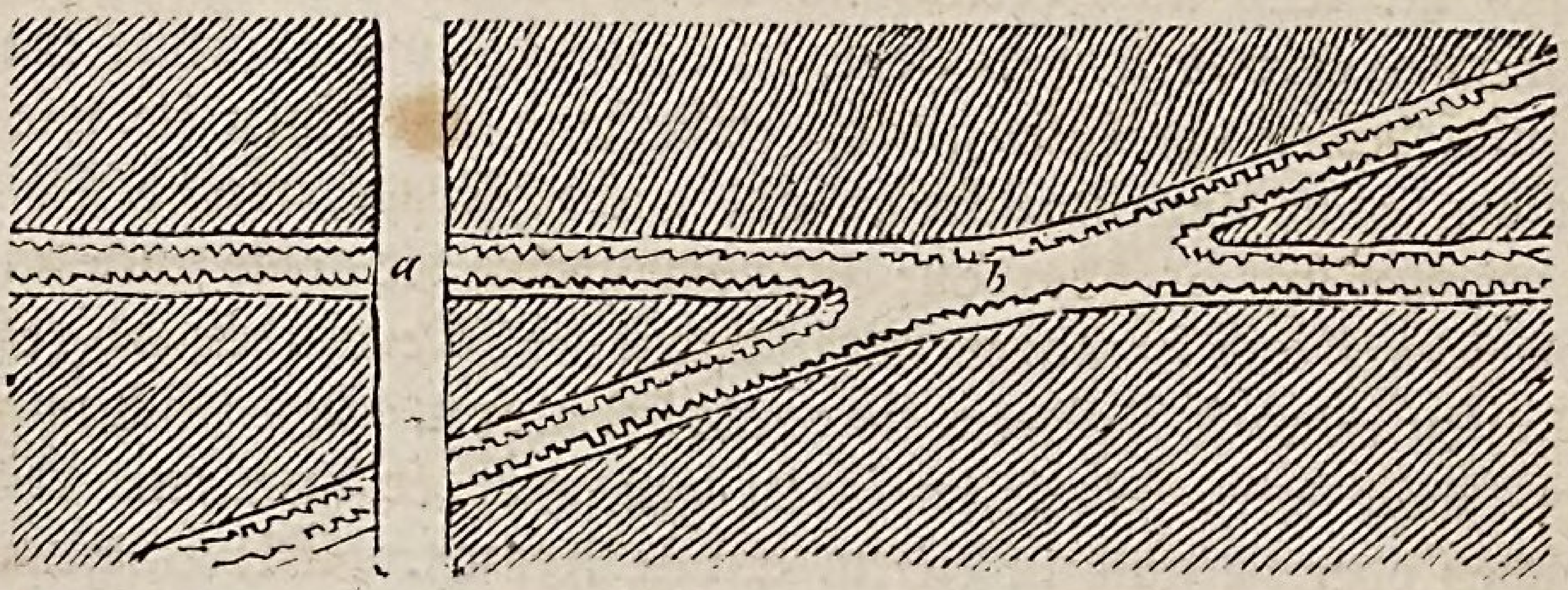


Fig. 62.

Gang unter einem spitzen Winkel einfällt. Auf der schiefen Ebene des verwerfenden Ganges ist der verworfene gewissermaßen abgerutscht; man findet ihn also wieder, wenn man dieser Abrutschung folgt. Fällt dem Bergmanne der verwer=

fende Gang entgegen, so sucht er den verworfenen auf der linken Seite; fällt er von ihm ab, so vermuthet er ihn auf der rechten, insofern der von ihm bebaute Gang ein rechtsinniger ist; sonst ist das Verhalten das Entgegengesetzte. Steht der durchsetzende Gang senkrecht oder saiger, so kann er nicht verwerfen; es findet dann die Erscheinung des Winkelkreuzes statt, wie a in Fig. 62. Laufen zwei Gänge ineinander, schaaren sich und trennen sich wieder, so heißt die Erscheinung ein Schaarkreuz. Solche Gänge sind gewöhnlich von gleichem Alter, enthalten gleiche Mineralien und bieten auf dem Schaarkreuze meistens sehr reiche Erze.



Fig. 63. Gänge und Grubeu bei Andreasberg. 1 Grünstein und Hornfels; 2 Thonschiefer; 3 Sandstein der devonischen Formation; 4 Helle Thonschieferschichten, sogenannte Ruscheln. Die Ruscheln und der Thonschiefer fallen 60° südlich ein und streichen h 6⁴/₈ Uhr. Die Gänge fallen nordöstlich in 75—85° ein. a Gang Venus Glück; b Jacob; c Morgenröthe; d Andreaskreuz; e Samson; f Gnade Gottes; g Bergmanns Trost; h Felicitas.

Um jene die Längenerstreckung betreffenden Gangverhältnisse möglichst zu versinnlichen, geben wir in Fig. 63 eine Karte von den sämmtlichen zu St. Andreasberg am Harze bebauten Gängen. In der Nähe von St. Andreasberg erhebt sich der Granit des Brockens, um welchen eine Zone umgewandelter Grauwackengesteine liegt, zu denen der Grünstein, in Fig. 63 mit 1 bezeichnet, gehört. Das mit 2 bezeichnete Gestein ist Thonschiefer, in welchem mürbe und andersfarbige Schichten 4 4, von den Bergleuten Ruscheln genannt, liegen. Diese Ruscheln begrenzen den Thonschiefer gegen den Grünstein und gegen den Grauwackensandstein 3. Die Schichten der Sedimente fallen gegen den Grünstein hin steil ein, so daß Niemand wird behaupten können, jener Grünstein habe sie emporgehoben; er liegt vielmehr auf ihnen. Die Sedimente bilden hier, wie so oft in der deutschen Uebergangsformation, ein Faltensystem mit gleich einfallenden Seiten,

wovon in Fig. 56 ein Beispiel gegeben ist. Dieses Faltensystem hat lange nach seiner Entstehung eine Hebung erfahren, wodurch seine steil aufgerichteten Schichten in die Quere zerbrachen und Risse bekamen, die sich nunmehr in der Form jener Gänge darstellen.

Auf Fig. 63 sind die Streichungslinien des Thonschiefers und der Grauwacke durch feine Linien, deren Einfallrichtungen durch an die Ruscheln gelegte Pfeilchen bezeichnet. Der größere Pfeil im Grünstein bezeichnet den magnetischen Meridian; seine Spitze ist nach Norden gewendet. Die Gänge mit a bis h beziffert fallen sämmtlich gegen Nordost; sie verlaufen quer durch die Thonschieferschichten, schwellen verschiedentlich an und keilen sich an den Enden aus. Es finden bei ihnen Durchkreuzungen, Verwerfungen und Schaarungen statt. Die Gänge d und h setzen an einer Ruschel ab und beginnen jenseits wieder; ersterer durchschneidet eine in den Thonschiefer eingelagerte Grünsteinpartie.

So viel über den Bau der Gänge; gehen wir nun über zur Betrachtung der Masse ihrer Ausfüllung, der Art und Weise, wie die Mineralien in ihnen vorkommen. Die Fig. 64 stellt den senkrechten Durchschnitt eines Gangstückes dar. Von dem Nebengesteine trennt sich dasselbe durch gewöhnlich spiegelglatte Flächen a a in Fig. 64, welche das Saalband genannt werden. Dieses Saalband ist entweder mit Thon oder mit Erz dünn überzogen; im letztern Falle entstehen blanke, meistens gereifte Flächen, die Erzspiegel. Das thonige Saalband wird zuweilen auch Besteg genannt. Das unter dem Gange liegende Nebengestein b heißt das Liegende, es ist gewöhnlich von fester Beschaffenheit; das auf ihm ruhende c das Hängende, welches meistens zersetzt und mürber als das Liegende erscheint. Das Nebengestein enthält sehr häufig die Mineralien und Erze eingesprengt, welche auch auf dem Gange vorkommen. In der Gangausfüllung selbst liegen gewöhnlich größere und kleinere scharfkantige Bruchstücke des Nebengesteines d d eingeschlossen. Diese Stücke sind rundum vom Nebengestein abgelöst, sie schweben gewissermaßen in der sie rings umgebenden Gangmasse und werden deshalb schwebendes Gestein genannt. Diese schwebenden Gesteine sind ebenfalls durch Saalband von der Gangausfüllung getrennt, so daß in ihrer Nähe der Gang, sie rings umschließend, sich zu zersplittern scheint, um hinter ihnen wieder zusammenzulaufen.

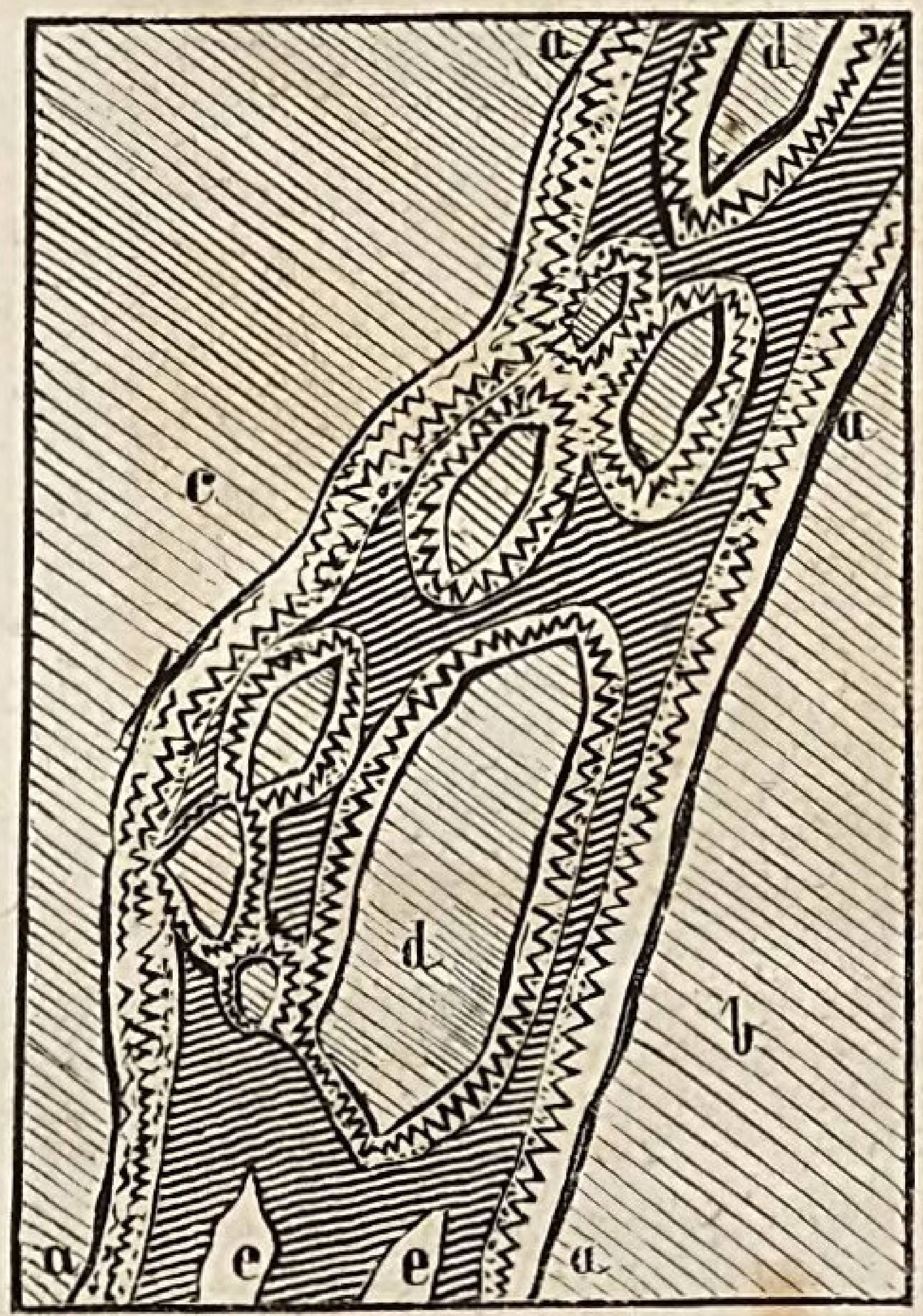


Fig. 64. Durchschnitt eines Gangstückes.

Jene, die Gangausfüllung bildenden Mineralien ordnen sich lagen- oder zonenweise, den Saalbändern parallellaufend, an. Selbst wenn die Gangmasse nur aus einem Minerale, vielleicht aus Kalkspath oder Quarz, Schwerspath, Spatheisenstein und dergleichen besteht, so erkennt man dennoch diese

lagenweise Anwendung, indem die Krystalle mit ihren Hauptaxen senkrecht zu den Saalbändern stehen und sich in der Mitte des Ganges mit ihren Enden berühren oder auch in noch nicht ganz ausgefüllten mittlern Drusenräumen frei hervorstehen. Bei mächtigern Gängen der Art aber liegen die genannten Mineralien verschieden gefärbt und oft auch in verschiedenen Krystallgestalten entwickelt zonenweise neben einander, ganz so, wie die Zonen und Ringe von verschiedenfarbigem Quarze in der Achatkugel, welche wir in Fig. 4 abgebildet haben. Enthält die Gangmasse mehrere Mineralien, so ordnen sich dieselben in symmetrischen Zonen an, wie in unserer Fig. 64. Diese Zonen umgeben auch die schwebenden Gesteine gleichmäßig, sind aber in der Regel daselbst weit dünner als anden Saalbändern des Nebengesteines. In Fig. 64 bedeuten die in Zickzacklinien ausgezogenen Partien zunächst der Saalbänder Quarz, ihnen folgt Bleiglanz in größern und kleinern Nestern und Streifen, in der Zeichnung punktirt, endlich Kalkspath, das dunkler Schraffirte e als die innerste Masse. Das letztere Mineral bildet zuweilen Drusen, hohle Räume, in der Regel mit schön ausgebildeten Krystallen anderer Mineralien besetzt.

Oefters sind solche Zonen sehr scharf begrenzt und wiederholen sich in regelmäßiger Folge mehrmals, so daß sie wie in nebenstehendem Schema, aufeinander folgen.

Liegendes Gestein
Saalband
Kalkspath
Swefelkies
Schwerspath
Zinkblende
Quarz
Bleiglanz
Kalkspath-Druse
Kalkspath
Bleiglanz
Quarz
Zinkblende
Schwerspath
Schwefelkies
Kalkspath
Saalband
Hangendes Gestein

Sehr häufig bilden aber die Erze, namentlich die edlern, nur mehr Nester und Drusen, welche allerdingsin Zonen hintereinander geordnet sind. Alsdann ist die, zwischen diesen hinter und über einander liegenden Nestern vorkommende Gangmasse durchsprengt mit feinen Erzkörnchen; es scheint, als ob sich die metallischen Bestandtheile mehr auf einzelnen Punkten zusammengezogen hätten, wodurch die Ausbildung regelmäßiger Bänder oder Zonen gestört ward. Die umstehende Fig. 65 stellt einen solchen Fall dar. Dem Gange Samson zu St. Andreasberg (e in Fig. 63) ist in einer Tiefe von 2000 Fuß unter Tage folgendermaßen ausgefüllt. Das Hauptganggestein ist Quarz und Kalkspath, in deren schönen Drusen die wunderbarsten Krystallisationen von Kalkspath, Apophyellit, Strahlzeolith und Harmotom sich einfügen. Inmitten dieser Masse liegt eine Zone von Sphäroïden, auf der Zeichnung dunkler angelegt, welche vorzugsweise aus Zinkblende und gediegen Arsenik bestehen, denen Antimonsilber und ein anderes reiches Silbererz, das prachtvoll roth gefärbte Rothgiltigerz, eingewachsen sind. Der Arsen findet sich in concentrischen Schalen und geht bei den Harzer Bergleuten unter dem Namen „Scherbenkobolt".

Die metallischen Mineralien vertheilen sich auf den Gängen nicht in gleichmäßiger Weise, sondern, wie sie im Kleinen sich auf Drusen und Nestern sammeln, so auch im Großen auf einzelnen Stellen des Ganges. Namentlich sind ihre die Kreuzungs-.und Schaarpunkte sehr erzreich, fast immer aber wechseln die Gänge

Zusammensetzung, sobald sie aus einem Gestein in ein anderes übertreten. Der berühmte Silbergang von Kongsberg in Norwegen setzt in einem Gebirgsstücke auf, welches aus abwechselnd neben einander stehenden Lagern von Gneus und Hornblendeschiefer gebildet ist. Der Gang besteht aus Quarz, und nur, wo er im Hornblendeschiefer, dem Fahlbande der schwedischen Bergleute, aufsetzt, enthält er Silber. Die im Schalstein der Umgegend von Dillenburg im Nassauischen vorkommenden Erzgänge enthalten nur an den Stellen Kupferkies und andere Kupfererze, welche die den Schalstein begleitenden Eisensteinlager durchschneiden. In andern Gängen liegen die Erze und Mineralien je nach der Art der durchsetzten, horizontal übereinanderliegenden Gebirgsarten in einer bestimmten Anordnung übereinander. Zu Bieber in Hessen setzen Gänge auf, welche die Schichten wie in folgendem Schema durchschneiden:

Bunter Sandstein	Schwerspath. Kobalt. Spatheisenstein.	. . . .
Rother Schieferthon		bunter Sandstein
Dolomit des Zechsteines		rother Schieferthon
Zechstein		Dolomit des Zechsteines
Zechstein Mergel		Zechstein
Kupferschiefer hohes Flötz		
Graues Conglomerat		Zechsteinmergel
Glimmerschiefer		Kupferschiefer tiefes Flötz
. . . .		Graues Conglomerat
. . . .		Glimmerschiefer

Im bunten Sandstein beginnt der Gang als leeres Besteg. Im Zechsteine bis zum hohen Flötze enthält er nur Schwerspath und ist daselbst 6—20 Fuß mächtig. Vom hohen bis zum gewöhnlich 28 Fuß tiefer liegenden tiefen Flötze besteht der Gang aus Schwerspath, Spatheisenstein und Quarz, denen an einer Stelle Schwefelkies, an der andern Kupferkies, an wieder einer andern Arsenikkobalt, Nickel und Wismuth in Nestern eingesprengt sind. Unter dem tiefen Flötze führt der Gang in der Regel nur Spatheisenstein, selten auch die eben genannten Erze eingesprengt und in Nestern.

Der Kupferkies schließt in der Längenerstreckung des Ganges die Kobalterze gänzlich aus. Oft sind diese Gänge auf viele hundert Fuß lang ganz erzarm und taub. Die Kupferschieferlager des hohen und tiefen Flötzes enthalten, wiewol in geringer Menge, alle auf den Gängen vorkommende Erze und Metalle.

Wir könnten noch zahlreiche Beispiele von Anordnung der Gesteinarten in den Gängen anführen; sie würden bei genauer Betrachtung sämmtlich mit den angeführten übereinstimmen. Aus allen geht die Abhängigkeit der Gangausfüllung vom Nebengesteine hervor, bei allen läßt sich mit großer Wahrscheinlichkeit an-

nehmen, daß sie ihre Bestandtheile dem Nebengesteine verdanken, daß aber deren Anordnung abhängig ist von gewissen, dem galvanisch-elektrischen Prozesse ähnlichen Vorgängen, welche die einzelnen metallischen Stoffe getrennt an bestimmten Punkten der neuen Lagerstätte anhäuften. Hiervon wird weiter unten noch ausführlicher die Rede sein; wir wollen hier schließlich nur einiger der verbreitetsten Ansichten über Gangbildung erwähnen.



Fig. 65 Gang von Samson zu Andreasberg, 2000 Fuß tief unter der Oberfläche.

Längere Zeit dachte man sich die Gänge als offene Spalten, welche von oben her allmälig ausgefüllt wurden, indem Wasser, mit mineralischen Stoffen beladen, an ihren Wänden herabrann. Die zonenweise Anordnung der Gangmasse wäre dadurch erklärt, weniger aber das Vorkommen der schwebenden Gesteinstücke, die nach dieser Annahme vielleicht Jahrhunderte lang in der Luft hätten schweben müssen, ohne dem Gesetze der Schwere zu folgen. Auch bleibt unerklärt, weshalb die Zonen sich nicht auch wagrecht anlegten. Es ist nicht denkbar, wodurch eine 10—12 Fuß weite, 500—1000 Fuß lange, 300—600 ja 2000 Fuß tief hinabreichende schiefstehende Spalte so lange Zeiträume hindurch offen gehalten werden konnte, bis sie von den Ganggesteinen gefüllt wurden. Versucht es der Bergmann, eine solche Spalte von 30 Fuß Länge und Breite nach ihrer Ausbeutung ohne Unterstützung zu lassen, so bricht sie alsbald ein und das Hangende fällt auf das Liegende herab; die Spalte schließt sich. Die Schwerkraft würde bei offenstehenden schrägen Spalten früher dasselbe bewirkt haben! Diese Ansicht entspricht sohin den Verhältnissen der Natur nicht und ist auf die Erzgänge nicht anwendbar, wenn sie auch auf Ausfüllung mancher senkrechten Gesteinsspalten paßt. Eine andere Meinung läßt die Erzgänge wie die Gesteinsgänge von unten ausgefüllt sein, indem einestheils feuerflüssige Mineralien, anderntheils metallische Dämpfe hineinströmten. Sollte dies aber stattgefunden haben, so bleibt es unerklärlich, weshalb die meisten Gänge nach unten verschlossen sind, weshalb ihr Metallgehalt nur auf gewisse Theile derselben, an gewisse Neben=

gesteine gebunden und nicht in der ganzen Spalte gleichmäßig vertheilt ist. Unerklärlich bleibt ferner die Zonenordnung der Mineralien; denn wenn die geneigt stehende Gangspalte auf einmal schnell durch eine aus Erz und andern Mineralien gemischten flüssigen Masse erfüllt war, so konnten sich die schwereren Metalltheile unmöglich in zwei oder mehrere den Spaltenwänden parallel laufende Lagen anordnen; sie hätten sämmtlich in die Tiefe hinabsinken müssen. Man half sich, um diesem Einwurf zu begegnen, mit der Annahme, daß man eine 1, 2, 3, 4, 5 und mehrmals wiederholte Wiederöffnung der Spalte, jedesmal genau in ihrer Mitte voraussetzte. Es bedarf kaum der Erwähnung, daß diese Ansicht eine sehr gewagte ist.

Die Ansicht über Gangentstehung, welcher wir uns anschließen, wird weiter unten bei der Entstehungsgeschichte der Gesteine noch näher entwickelt werden; wir deuten sie hier nur in Kürze an. Dieselbe gründet sich auf die über den Stoffwechsel in der Erde gesammelten Erfahrungen und betrachtet alle Erz- und Mineralgänge, im Gegensatze zu den Gesteinsgängen, als Ausscheidungen aus dem Nebengesteine. Sie nimmt an, daß durch Hebungen oder Senkungen Sprünge in den Schichten entstanden, auf denen sich die durch die Erdfeuchtigkeit zugeführten Mineralbestandtheile in Folge chemischer und elektrischer Vorgänge ablagerten, und erklärt einfach die meisten Gangverhältnisse. Besonders gestützt wird diese Ansicht noch durch die Experimente Daubrée's über die Metamorphose der Gesteine, welche beweisen, wie die Stoffe in den Felsmassen ihren Ort wechseln können, ohne daß die letztern selbst flüssig gemacht oder erweicht zu werden brauchen, welche selbst im starr bleibenden Glase solche Gangbildungen hervorriefen.

Wir haben bei der Betrachtung dieser metallischen Lagerstätten absichtlich eingehender verweilt, da sie für den Bergbau und die mit demselben verbundenen Gewerbe so außerordentliche Wichtigkeit besitzen, und wenden uns nunmehr zu einem andern, nicht minder wichtigen Theile der Geognosie.



Fig. 66. Bergleute einen Erzgang ausbeutend.



Fig. 67. Einsenkungen der Erdfläche am Todten Meere in Palästina.

III. Einfluß der Lagerung und Struktur der Gebirgsstücke auf die Form der Erdoberfläche.

Die Stellung der Schichten, die Zerspaltung der Gebirgsstücke in mehr oder weniger umfangreiche Massen (Massivs), die Verbindung verschiedener Felsarten zu einem Ganzen, prägen zusammenwirkend der Erdoberfläche bestimmte Formen auf, welche für die Entwicklung der menschlichen Kultur von höchster Wichtigkeit sind.

Die Vertheilung von Ebene und Gebirgsland, der Lauf der Flüsse, die Einbiegung der Meeresbuchten, das Meer selbst, die Gestaltung der von demselben umflossenen Inseln, und Festländer (Kontinente), Alles ist abhängig von dem Bau der Gebirgsstücke. Wir wollen versuchen, dies durch einige Beispiele zu erläutern, vorher jedoch einige zur Benennung der Oberflächenform übliche Namenbezeichnungen vorausschicken.

1. Bezeichnung der Oberflächenformen der Erde.

a. **Ebene**, ebenes Land ist solches, welches eine Fläche darstellt, die entweder nach allen Richtungen ziemlich wagrecht ist oder sich nach einer und der andern Seite hin ganz allmälig ansteigend erhebt. Das Auftreten einzelner niederer Erhöhungen ist dabei nicht von Belang, ja vollkommene Ebenen, im Sinne der Mathematiker, können in der Natur überhaupt nur auf sehr geringe Ausdehnungen vorkommen. Je nachdem die Ebenen tiefer oder höher in Beziehung zum Spiegel des Meeres liegen, welcher allgemein als der Punkt angenommen wird, von welchem die Erhebungen des Festlandes gemessen werden, unterscheidet man die Ebenen in Niederungen und Hochebenen. Es finden sich an einigen Stellen des Festlandes sogar Ebenen, die, ringsum von Erhöhungen umgeben, unter den Meeresspiegel fallen müßten, wenn dieser bis an dieselben fortgesetzt würde; solche Stellen sind Eindrückungs- oder Depressions-Ebenen. Sie werden sich mit Wasser füllen, sobald der Ocean durch irgend eine Spalte oder Einsenkung mit ihnen in direkte Verbindung gesetzt wird, oder wenn Flüsse zuströmen, deren Wasserreichthum die in der Ebene stattfindende Verdunstung überwiegt.

Beispiele von Niederungen bietet das nördliche Deutschland, Holland, Polen, Ungarn, Rußland, Sibirien, einzelne Theile der Wüste Sahara in Afrika, die südamerikanischen Llanos; von Hochebenen in Europa: das südliche Deutschland in Schwaben und Bayern, das südliche Frankreich, Spanien; in Asien: die Kirgisensteppen und Thibet; in Amerika: Mexico, die Prärien der nordamerikanischen Freistaaten und das Innere Neuhollands. Die Niederungen sind sehr oft reichlich mit Sümpfen und Seen versehen; die Flüsse durchströmen sie langsam, schleichend, in vielfältig gekrümmtem Laufe und setzen sie häufig unter Wasser, welches dann stets, wenn auch sehr geringe Schlammschichten zurückläßt. Durch solche Schlammbedeckungen werden die Niederungen allmälig erhöht, wie z. B. das Tiefland von Aegypten, welches innerhalb der historischen Zeit (4000 Jahre) um 20—30 Fuß an Höhe zugenommen hat. Verhindert es der Mensch nicht durch Vertiefung der Betten oder durch Aufführung von Dämmen, daß die Flüsse übertreten, so hebt sich das Flußbett gleichmäßig mit der Ebene; engt derselbe aber den Flußlauf durch Dämme (Deiche) ein, so kann der Fluß die von ihm transportirten Schlamm- und Geröllmassen nur innerhalb der Dämme absetzen, das Flußbette wächst deshalb allein in die Höhe und liegt nach einiger Zeit, wie im Po-Thale, über der umgebenden Ebene.

Die Hochebenen leiden dagegen häufig an großer Trockniß, und zwar besonders dann, wenn sie aus Felsarten bestehen, die dem Wasser vermöge ihrer Zusammensetzung oder Struktur einen leichten Durchgang gestatten; sie können dann selbst zu Wüsten und dürren, von fast allem Pflanzenwuchse entblößten Steppen werden. Als Beispiele können das steinige Arabien, ein großer Theil der Sahara und die Steppen von Chili dienen. Solche Hochebenen werden je zuweilen durch tiefe steile Thalschluchten unterbrochen und durchschnitten, auf deren Grunde Bäche und Flüßchen rauschend dahineilen, oder sie sind unterbrochen

durch Erdfälle, die Anzeichen von Höhlungen, die das fließende Wasser unterirdisch ausgespült hat, z. B. auf dem Karst in Illyrien.

Als einige Beispiele von Depressionsebenen mögen die Umgebung des Todten Meeres in Palästina und die Umgebung des Kaspischen Meeres gelten. Das Thal des Jordans liegt großentheils tief unter dem Spiegel des Mittelländischen Meeres; sein Ende, das Todte Meer, von dessen wildfelsiger Umgebung Fig. 67 eine Ansicht giebt, sogar 1231 Pariser Fuß, so daß, wenn hier plötzlich ein Einbruch des Oceans erfolgte oder der Jordan mehr Wasser zuführte als jetzt an dem Spiegel des Todten Meeres verdunsten kann, das weite Thal ein tiefes Meer werden müßte.

Das Kaspische Meer liegt ebenfalls, jedoch nur 78 Pariser Fuß, unter dem Spiegel des Oceans. Die Wolga und andere in dasselbe einmündende Flüsse führen nicht mehr Wasser zu, als auf der Fläche jenes Binnenmeeres verdunsten kann; sollten die Zuflüsse sparsamer werden, so müßte sich die Ausdehnung des Wasserbassins vermindern. Die Flüssigkeit in solchen auf Depressionsebenen eingesenkten Seen ist von der des Oceans verschieden. Da die in sie einströmenden Flüsse und Bäche beständig erdige und salzige Substanzen zuführen, welche bei der Verdunstung des Wassers zurück bleiben, so sind diese Seen gewöhnlich sehr stark salzig und wahrhafte Salzeindampfungsvorrichtungen der Natur.

Die Schichtung der Gebirgsstücke, welche die Ebenen bilden, ist horizontal oder doch nur sehr sanft geneigt, oder in flache Wellen gebogen, so daß die oberste Schichtenfläche die Oberfläche des Landes darstellt. Die Gesteine sind hier mehr in ihrer ursprünglichen Lagerung geblieben und deshalb auch häufig noch sehr wenig umgewandelt.

b. **Gebirge**, Bergland, wird ein solches Land genannt, dessen Oberfläche durch aneinander grenzende Erhöhungen (Hügel, Berge) bedeckt ist. Je nach der Höhe dieser Unebenheiten unterscheidet man: Hügelland, wenn die Höhen 200—300 Fuß hoch über die zwischen ihnen liegenden Vertiefungen (Thäler) emporstehen; Bergland, wenn sie sich 300—1000 Fuß über letztere erheben; Hochgebirge, wenn sie Höhen bis 4000 Fuß erreichen und Alpenland, wenn sie sich noch höher erheben. Je nach der Anordnung der Berge auf der Fläche werden Massen- und Kettengebirge unterschieden.

Die Massengebirge werden aus ziemlich gleich hohen Bergen gebildet, welche sich gewöhnlich um einen in der Mitte liegenden höhern Berg anordnen; sie sind nach Länge und Breite ihrer Flächenausdehnung ziemlich gleich.

In den Kettengebirgen sind die hervorragenderen Höhen entweder in eine oder in mehrere nebeneinander verlaufende Reihen gestellt.

Der Harz, von welchem Fig. 68 einen ganz idealen Durchschnitt darstellt, ist ein Massengebirge, in welchem um einen höchsten Punkt die übrigen Berge angeordnet sind. Dieser höchste Punkt, der Brocken, liegt allerdings nicht in der Mitte, sondern er ist dem einen Rande etwas genähert. Die höchste Kuppe dieses Gebirges besteht aus Granit, dem rundum die Sedimente mantelförmig angelagert sind. Die den Granit zunächst umgebenden Thonschiefer und Sandsteine,

auf Fig. 68 als Grauwacke bezeichnet, sind zum Theil in die Umwandlung, welcher der Granit sein jetziges Aussehn verdankt, mit herein gezogen. Der Aufquellung, welche mit der Entwicklung der krystallinischen Struktur dieser Massen verbunden war, verdanken jene Schichten ihre steile Stellung. Ueber

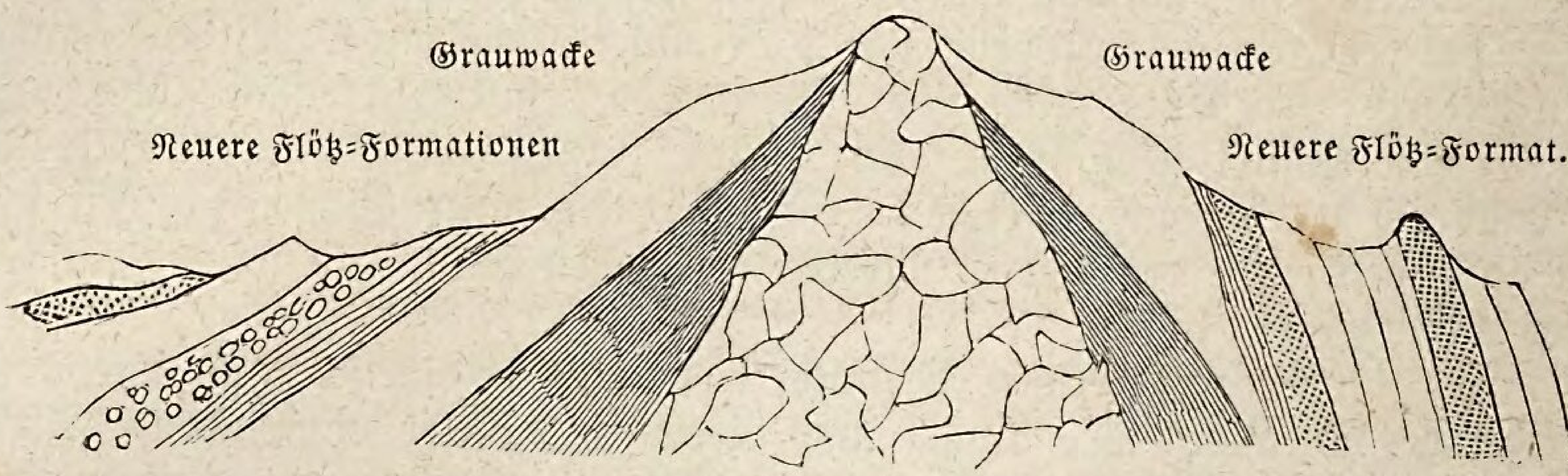


Fig. 68. Idealer Durchschnitt des Harzes.

die Grauwacke hin sind die jüngeren Flötzformationen in regelmäßiger Folge angelagert. Auch sie waren ehedem horizontal, und da sie jetzt geneigt stehen, so muß die Hebung des Granites oder mit andern Worten die Krystallisation seiner Massen Jahrtausende von Jahrtausenden hindurch ununterbrochen angedauert haben. Deshalb sind denn die dem Granit zunächst gelegenen Schichten steiler, die andern, je nach ihrem Alter, flacher und flacher geneigt. Auf der Nordseite (rechts auf der Abbildung) stehen die jüngern Flötzschichten fast senkrecht, und es reicht diese Aufstellung bis zu einer der jüngern Bildungen, zur sogenannten Kreideformation, herauf, was mit Senkungen des Bodens im deutschen Norden, wovon wir weiter unten hören werden, und mit der gleichzeitigen Erhebung der centralen Granitmasse zusammenhängt.

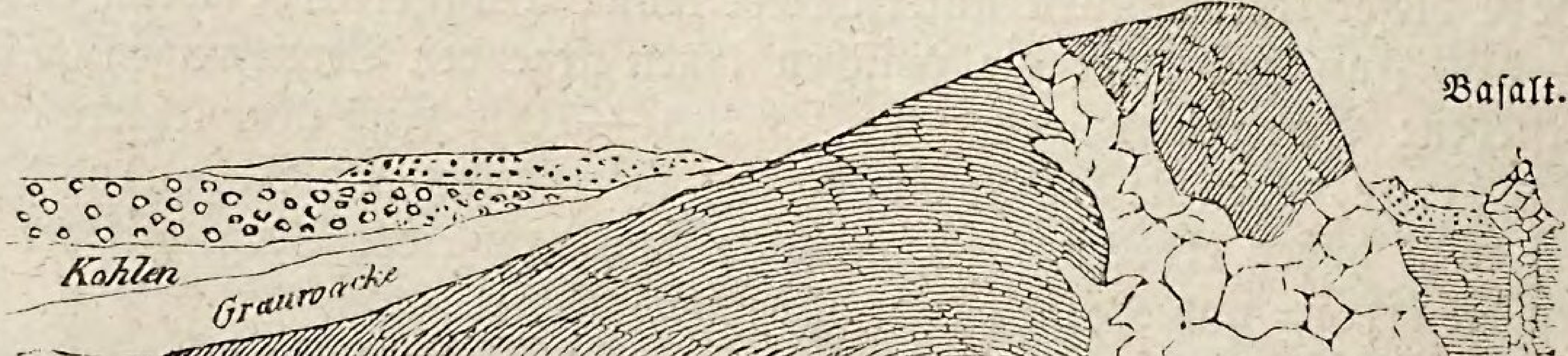


Fig. 69. Idealer Querschnitt des Erzgebirges.

Kettengebirge sind solche, welche sich auf eine im Verhältnisse zu ihrer Breite ansehnliche Länge erstrecken, wie die Alpen, der Thüringer Wald, das Erzgebirge u. a. m. Ihr Querschnitt ist entweder dem der Massengebirge gleich, indem sich beiderseits aufgehobene Schichten der den mittleren Rücken bildenden Centralmasse anschmiegen, oder er bildet eine einseitig in die Höhe gerichtete Platte, wie Fig. 69, welche einen idealen Querschnitt des Erzgebirges darstellt. Dieser Gebirgszug fällt gegen Süden nach der böhmischen Ebene steil ab, wäh-

rend er nordwärts eine sanftere allmälige Ansteigung wahrnehmen läßt. An der letzteren Flanke der Kette sind die unveränderten Sedimente, die Grauwacke und Steinkohlenformation in flacher Lagerung auf die mit ihren Schichtenköpfen am Südabhange des Gebirges ausstehenden krystallinischen Schiefer aufgelegt. Die krystallinisch gewordene Felsmasse, welche sich uns jetzt als Granit darstellt, durchdringt jene Gneus-, Glimmer- und Thonschiefergesteine, durch deren Aufquellung dem Gebirge sein Profil gegeben wurde. Die Aufquellung ist sehr alt und stand dem Anschein nach schon stille, als die Kohlenformation sich bildete. Der als wenig verbreitete Land- und Süßwasserbildung entstandenen Steinkohlenformation folgte eine Senkung des Nordabhanges des Gebirges, denn es legten sich über jene Süßwasserablagerungen wieder jüngere Meeressedimente an. Dadurch unterscheidet sich das Erzgebirge vom Harze, wo der mit Aufquellung der Unterlage verbundene Hebungsprozeß noch in Zeiträumen ununterbrochen stattfand, welche uns um Jahrmillionen näher liegen. Im Süden des Erzgebirges sind die Grauwacken und Kohlenschichten erst in weiterer Ferne tief inmitten des Königreiches Böhmen gebildet; zwischen ihnen und jenem Kettengebirge liegt in weiter Mulde die jüngere Ablagerung der Kreideformation und die böhmische Braunkohle, welche beide durch die Basalt- und Phonolith-Eruptionen des böhmischen Mittelgebirges durchbrochen und bedeckt wurden. Als letztere Laven am Fuße des Erzgebirges hervorbrachen, herrschte in diesen Gegenden eine rege vulkanische Thätigkeit, deren Spuren sogar in einzelnen Basaltkuppen auf der Höhe des krystallinischen Schiefergesteines sichtbar geworden sind.

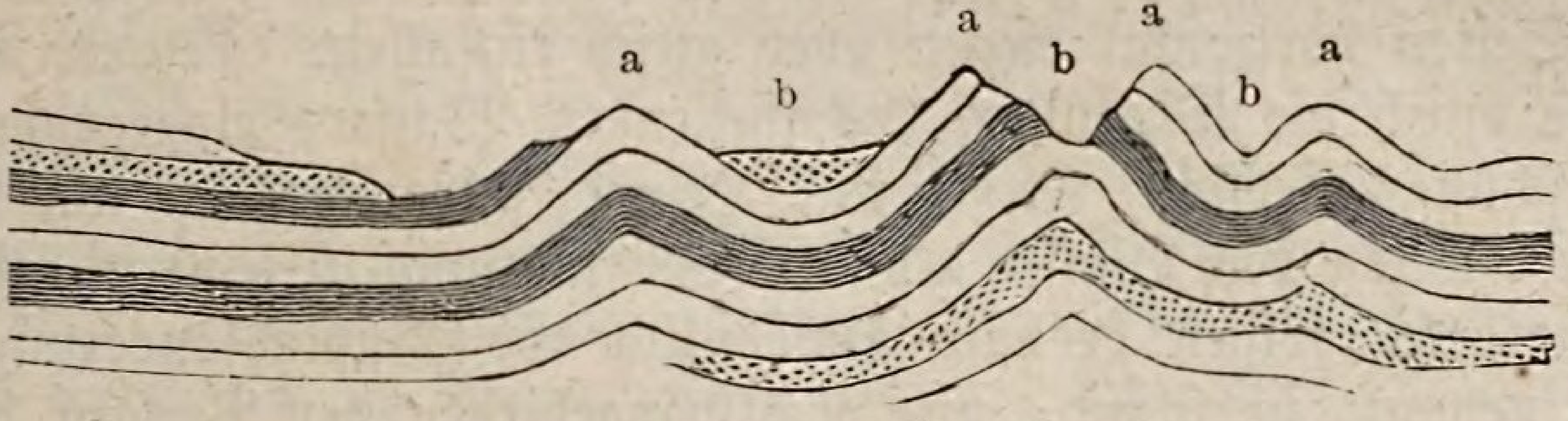


Fig. 70. Ideales Querprofil der Jurakette.

Andere derartige Gebirge, wie z. B. die Jurakette, von welcher Fig. 70 ein ideales Querprofil darstellt, bestehen aus untereinander gleichlaufenden Rücken oder Gebirgskämmen a a a a, zwischen denen Längsthäler b b b herziehen. Sie entstanden in Folge von gleichzeitigen auf gewisse abwechselnde Linien beschränkten Senkungen und Hebungen, von denen weiter oben in Fig. 55 schon ein Beispiel gegeben wurde. Bei diesen Vorgängen zerbrachen auf der Mittellinie, wo die Hebung am stärksten war, die Schichten und bildeten eine sich nun als Längenthal darstellende Spalte. Niemals verdanken die Gebirge ihre Profile der Ausspülung allein, sie sind, wo sie auch auftreten, durch Aufquellen ihrer Unterlage über den Spiegel des Meeres emporgehoben worden; später war denn auch die nachhelfende Wirkung des Wassers und des Eises an der Gestaltung einzelner ihrer Bergformen behülflich. Die Hebungen der Gebirge fanden nun aber nicht plötzlich statt, sie erfolgten vielmehr in unmeßbar langen Zeiträumen, wie im Vor-

hergehenden an einem Beispiele schon vor Augen geführt und weiter unten noch mehrfach nachgewiesen werden soll. Diese Hebungen standen zeitweise still, änderten sich wol gar in Senkungen der Oberfläche um, die ähnliche Zeiträume in Anspruch nahmen wie die erstern; dann folgten wieder Hebungen in anderer Richtung und bewirkten eine vielfache Zerstückelung des vorherigen Gebirgszuges.

Die Thäler, welche die Berge trennen, sind in Form und Wesen ebenso abhängig von jenen im Tiefsten vorgehenden Ereignissen, denen die Berge ihr Dasein verdanken. Die Geologie kennt den Unterschied zwischen Haupt- und Nebenthälern nicht, welchen die Topographie macht; sie trennt die Thäler je nach ihrer Stellung zur Schichtung und unterscheidet Längenthäler, wenn die Thalwände mit den Schichtenstreichen gleichlaufen, Querthäler, wenn sie dasselbe in irgend einem Winkel durchbrechen.

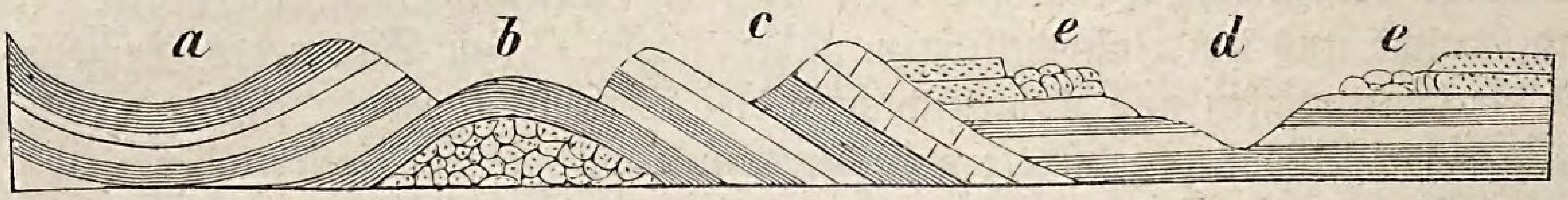


Fig. 71. Thalbildungen.

Die Längenthäler sind Muldenthäler, Fig. 71 a, wenn die Schichtung der tiefsten Stelle des Thales (der Thalsohle) zufällt, Erhebungsthäler, b, wenn sie beiderseits abfällt, Scheidethäler, c, wenn die Thäler auf der Scheide zweier Gebirgslager eingeschnitten, einerseits zu-, andererseits abfallende Schichtenstellung haben, Einwaschungs- oder Erosionsthäler, d, wenn die Schichten auf beiden Seiten horizontal liegen oder gleich einfallen. Letztere Thäler sind vorzugsweise durch die Wirkungen des fließenden Wassers eingegraben worden. Der Einwaschung (Erosion) mußte eine Hebung vorausgehen, um die Spalte hervorzurufen, welche dem Wasser als erste Veranlassung zu seiner Wirkung diente. Die Erosionsthäler folgen deshalb gewöhnlich der Hauptabsonderung der Felsmassen; sie nehmen in Sand- und Kalksteingebirgen den Verlauf der auf der Schichtung senkrecht stehenden Querabsonderung, in massigen Gesteinen folgen sie den labyrinthischen Verschlingungen der Klüfte. Da die Einspülung dieser Thäler allmälig erfolgte, so kann oft in großer Höhe über der jetzigen Thalsohle wie bei e e Fig. 71 die Wirkung ehemaliger Flußströmung in Geröllablagerungen beobachtet werden. Solche Erscheinungen bieten aber auch viele andere Thalformen dar, indem auch bei ihrer Ausbildung die Erosion beständig mitwirkte.

Die Querthäler sind in der Regel durch Erhebungen, welche die Schichtung der Gesteine kreuzen, vorgezeichnete Spaltungsthäler, bei deren Vertiefung die einschneidende Wirkung des fließenden Wassers nachhalf. Ein treffliches Beispiel hierzu bietet das Rheinthal von Bingen bis Bonn.

Sehr oft stehen mehrere Längenthäler durch ein oder mehrere Querthäler in Verbindung, wofür Beispiele in Steiermark, Tyrol und den Hochalpen der Schweiz vorkommen. In solchen Fällen neigen sich die beiden Hälften des ersten Längenthales gegen den Punkt hin, an welchem das Querthal beginnt; am Eintritte dieses letztern in

das zweite Längenthal gehen beide ineinander über oder es beginnt, indem auch hier die beiden Theile des Längenthales dem Querthale zufallen, eine Fortsetzung des letzteren durch das nächste Gebirgsjoch. Ein und dasselbe Längenthal kann mehreren Fluß- und Stromgebieten angehören, je nachdem das aus der ursprünglichen Faltung der Gesteinschichten hervorgegangene Thal durch spätere Hebung und Zerspaltung in mehrere Stücke zertrennt ist. Auch hierfür geben die Alpen schöne Beispiele.

Manche Thäler sind ganz oder fast rundum von Bergen umschlossen und stehen in letzterem Falle nur durch einen schmalen Riß mit andern Thälern in Verbindung; man nennt sie Kesselthäler. Sie sind gewöhnlich durch eine Aufquellung der Unterlage entstanden, welche an einem Punkte stattfindend die Decke aufsprengte und deren Schichten nach allen Seiten hin geneigt aufstellte.

C. Gestaltung des Meerbodens.

Am Meeresufer und in den Tiefen des Oceans begegnen uns Erscheinungen, welche lebhaft an Thal- und Gebirgsbildung erinnern; auch hier haben die unterirdisch thätigen Kräfte im Einklange mit denen des oberflächlich einschneidenden Wassers gewirkt. Zahlreiche Untersuchungen des Meeresgrundes erhoben es zur Gewißheit, daß auf ihm Berg und Thal mit Hochebenen wechseln, welche nicht die elastische Luft, sondern das Wasser umspült. Plötzlich steil abstürzende, für das Senkblei des Schiffers unergründlich tiefe Thäler umgeben manche Küstenländer; anderwärts ragen Gebirgsketten und Massengebirge aus den Tiefen empor. Die höchsten Spitzen solcher untermeerischen Gebirge erscheinen über dem Wasserspiegel als Inseln und Inselgruppen. Tief in das Land eindringende Fjorde ahmen, mit Wasser gefüllt, die Thäler nach, in denen auf dem Festlande unsalziges Wasser strömt. Alle diese Oberflächenformen des Meeresbodens beruhen auf denselben Ursachen, wie die oben geschilderte Gestaltung der Festländer: auf dem Bau der Gesteinschichten, welcher abhängig ist von Hebungen und Senkungen, die tief im Innern des Erdballes ihre Veranlassung finden. Wir sehen mit Erstaunen Länder so allmälig aus dem Meere emporsteigen, daß deren Erhebung erst nach Jahrhunderten um wenige Fuß zunimmt. Wir urtheilen, aus dem Vorkommen von muschelerfüllten Schlammabsätzen tief im Lande und hoch über dem jetzigen höchsten Flutstande, daß diese Hebungen schon unendliche Reihen von Jahren gleichmäßig und ununterbrochen andauern. Auf der andern Seite werden wir bekannt mit Einsenkungen des Bodens, indem Kunstprodukte der Menschen, Wohngebäude derselben, Straßenpflaster, Wälder, Ablagerungen des Süßwassers, offenbar auf dem Festlande entstanden, mit Thierresten, denen der nächsten Küste gleich, in das Meer versenkt sind. Ueber dem Boden, den einst der Pflug durchfurchte, zieht jetzt der Fischer sein Netz hin, um die Meeresbewohner als Beute zu erhaschen. Hier am Meer, wo ein fester Punkt, der Meeresspiegel, die Erscheinung zu messen gestattet, tritt uns klar und überzeugend die Grundveranlassung zu Berg- und Thalbildung vor Augen.

D. Ursachen der Oberflächengestaltung der Erde.

Im Verlaufe ist schon mehrfach darauf hingewiesen worden, wie Hebungen und Senkungen, tief im Innern des Erdkörpers vorgehend, die Gestalt der Oberfläche verändern; diese Thatsache hat seit langer Zeit alle Geologen ernst beschäftigt. So lange aber die Ursachen der Hebungen und Senkungen dem menschlichen Blicke noch entzogen sind, so lange bleibt ihm auch dieses Räthsel noch ungelöst. Eine sehr vollständige Untersuchung aller geologischen Verhältnisse der Erdoberfläche wird allerdings den Blick in die Tiefe schärfen; bis diese mühevolle, die Kräfte Tausender in Anspruch nehmende Arbeit beendigt sein wird, müssen wir uns hier mit Hypothesen behelfen.

Es ist von Elie de Beaumont, einem der gelehrtesten französischen Geologen, versucht worden, die Reihenfolge der europäischen Gebirgserhebungen festzustellen. Wir geben in Nachfolgendem sein System, das in weiten Kreisen eingehende Beachtung gefunden hat, trotzdem, daß es vielleicht in Einzelnheiten mancher Verbesserungen bedürfen möchte. Jedoch rufen wir in das Gedächtniß zurück, daß Senkungen des Bodens, namentlich wenn sie ganze Kontinente oder größere Stücke der Erdoberfläche treffen, Faltungen und Aufbeugungen der Schichten bewirken, welche allzuleicht als Folgen der vermutheten Hebungen angesehen worden sind; daß ferner einige der bemerkbarsten Hebungen lange Perioden der Erdentwicklung hindurch ununterbrochen stattfanden und mit dem größeren Theile der einzelnen Nummern des Elie de Beaumont'schen Hebungssystems zusammenfallen, ohne ihre Richtung verändert zu haben.

Elie de Beaumont meint, die Hebungen in Europa seien sich in folgender Weise gefolgt:

1. Richtung: von NO.$^1/_4$O. nach SW.$^1/_4$W., das Hebungssystem von Westmoreland und vom Hunsrück nebst Eifel und Taunus. Beaumont hält diese für die älteste Hebung, weil die dadurch aufgerichteten Schichten durch die älteren Theile der Steinkohlenformation in discordanter Lagerung bedeckt werden. Am Taunus ist dies entschieden nicht der Fall, derselbe besteht außerdem nur aus devonischen Schichten.

2. Richtung: O. 15° S. nach W. 15° N.; System der Belchen (in den Vogesen), der Hügel von Bocage und eines Theiles des Harzes. Diese Hebung geht der obern Abtheilung der Steinkohlenformation voran.

3. Richtung: S. nach N.; System von Nord-England. Gegen das Ende der Steinkohlenperiode.

4. Richtung: NO. nach SW., an dem Nordende von O. nach W.; System der Niederlande und Südwales. Stimmt mit dem System des Hunsrückes nahe überein, ist aber jünger, weil es die über dem Steinkohlengebirge liegenden Schichten in ihrer ursprünglichen Lagerung stört.

5. Richtung: S. nach N.; Rheinisches System, begreift die Vogesen, den Schwarz- und Odenwald in sich. Diese Gebirge bestehen aus krystallinischen Schiefergesteinen, Grauwacke und jüngern Sedimenten. Es ist schwer, in ihnen

eine bestimmte Hebungsrichtung zu erkennen, da die Sedimente in verschiedenen Richtungen über die krystallinischen Gesteine zerstreut liegen, letztere an einigen Punkten, wie darin aufgefundene Versteinerungen bezeugen, offenbar aus Sedimenten entstanden sind. Das zwischen jenen Höhen herziehende Rheinthal ist mit jüngern und jüngsten Sedimenten erfüllt und verdankt seinen jetzigen Zustand einer der Ablagerung dieser Sedimente vorhergegangenen Senkung und darauf erfolgten neuen Hebung.

6. Richtung: von SO. nach NW.; System des Böhmer= und Thüringerwaldes und des Morvan bei Autun, der Vendée und der südlichen Küste der Bretagne. Vom Alter der Trias, vor Beginn der Ablagerung der Juraformation.

7. Richtung: SW. nach NO.; System des Erzgebirges, Côte d'Or, des Mont Pilaz und eines Theiles des Jura am linken Rheinufer. Die Hebung fand während der Juraperiode statt und endigte vor der Kreideperiode.

8. Richtung: NNW. nach SSO.; System des Monte Viso. Die Meeresalpen von Nizza bis Longs le Saulier sind während der Kreideperiode gehoben, so daß deren ältere Absätze 4000 Fuß höher als die jüngeren derselben Formation liegen.

9. Richtung: SO. nach NW.; System der Pyrenäen und Apenninen. Jünger als die von ihr in die Höhe gehobene Kreideformation. Nach Elie de Beaumont's Ansicht, gehören hierher auch die östlichen Alpen jenseits Gratz, die Gebirge von Kärnthen, Krain, Kroatien und Dalmatien, Morea und der griechischen Inseln; der Hauptrücken des Harzes, alle dem Teutoburger Walde parallel laufenden Höhenzüge in Westphalen. Diese Hebung ist demnach eine der wichtigsten für die Gestaltung des europäischen Festlandes; an ihrem Fuße liegen die jüngsten Tertiärschichten (Subapenninenformation) horizontal.

10. Richtung: S. nach N.; System von Corsika und Sardinien. Mit dieser Richtung stimmt die der Spalten ziemlich nahe überein, auf welchen in Deutschland viele Basaltlaven ausgeflossen sind; doch kann, wie weiter unten gezeigt werden soll, für Hessen und Nassau bestimmt nachgewiesen werden, daß ein Theil jener Basalte auf Spalten austrat, welche früher erfolgten Hebungen ihre Entstehung verdankten. Uebrigens sind die Basalte Hessens älter als die Subapenninenformation, und würde sohin auch die Hebung, in deren Folge sie an die Oberfläche kamen, älter sein müssen als das System 9.

11. Richtung: N. 26° O. nach S. 26° W.; System der Westalpen. Hauptsächlich die Montblanc=Kette. Die jüngern Tertiärschichten sind bis zu 8000 Fuß Meereshöhe gehoben.

12. Richtung ONO. g. O. nach WSW. g. W.; System der Hauptkette der Alpen von Wallis bis Oesterreich, wird als die jüngste Hebung angesehen.

Elie de Beaumont's Hebungssystem ist als ein geistreicher Versuch anzusehen, der verhüllten Wahrheit näher zu rücken; ganz kann über diese wichtige Frage erst entschieden werden, nachdem noch viele umfangreiche geologische Vorarbeiten ausgeführt worden sind.

Die heutige Erfahrung lehrt, daß die Hebungen überall von Senkungen begleitet wurden; es können also auch manche jener Erscheinungen, die als Folgen von Hebungen angesehen wurden, auch auf Rechnung von Senkungen kommen.

Wenn vorausgesetzt werden darf, daß die Menge des Wassers zu keiner Zeit größer oder geringer als heute auf Erden gewesen sei, so wird, selbst angenommen, alle jetzt über Wasser erhabenen Festländer seien noch untergetaucht gewesen, der Meeresspiegel nie erheblich weiter vom Erdmittelpunkte abgelegen haben als heutiges Tags. Der Meeresspiegel ist sohin eine über die Erdkugel ausgedehnte Fläche, auf welche alle Hebungen und Senkungen der festen Erdrinde bezogen werden müssen.

Alle mit Meeresbewohnern erfüllte Schichten sind offenbar Meeresabsatz; liegen sie nun über Meer, so sind sie gehoben. Die Zeit der Emporhebung erkennen wir aus der Art der eingehüllten Thier- und Pflanzenreste des obersten (jüngsten) gehobenen Gebirgsgliedes. Ist dies weit und breit bis heute von keiner jüngeren meerischen Ablagerung bedeckt, so ward es bis jetzt noch nicht wieder unter Meer getaucht; es war Festland geblieben; und gehört dasselbe der Silurformation an, so ist die Hebung, welche es zu Festland gemacht hatte, eine der ältesten. Wenn, nachdem sich rundum jüngere Formationen abgelagert hatten, Theile des alten Festlandes wieder unter Meer versanken, so legten sich, wie auf das böhmische Silurgestein die Kreide oder auf das devonische Gestein der Wetterau die Tertiärformation horizontal nieder. Damit dieses Ereigniß zu unserer Kunde komme, mußte aber eine neue Hebung die Unterlage sammt der neuen Sedimentformation wieder über den Meeresspiegel herauf heben. Wir sehen aus diesen wenigen Beispielen schon, wie sich im Verlaufe der Zeit Hebungen und Senkungen folgen mußten, um das jetzige Profil der Erdfeste zu entwickeln und erkennen, daß, erst nachdem alle Gegenden Europa's mit hinreichender Genauigkeit geologisch untersucht sein werden, die Reihenfolge der darin vorgekommenen Hebungen und Senkungen richtig beurtheilt werden kann.

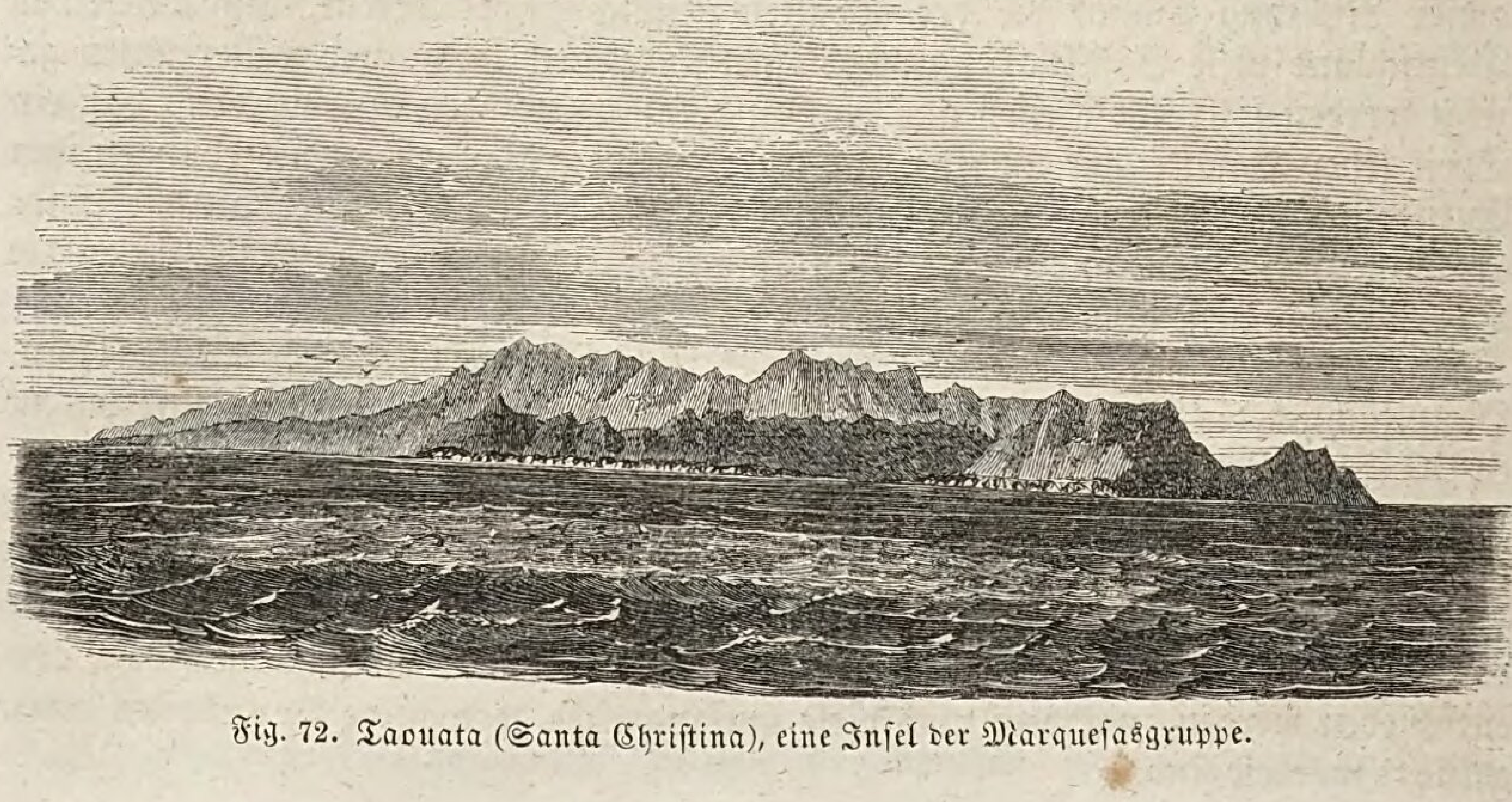


Fig. 72. Taouata (Santa Christina), eine Insel der Marquesasgruppe.



Fig. 73. Der Watzmann in den tyroler Alpen.

2. Beziehung der landschaftlichen Gestaltung der Erdoberfläche zur Lagerung der Gesteine (Physiognomik der Gesteine).

Horizontal geschichtete Gesteine aller Art werden immer zur Ebenenbildung geneigt sein; jedoch kommt die Meereshöhe, in welcher sie sich befinden, hierbei wesentlich in Betracht. Liegen solche Gesteine in hohem Standpunkte, so werden sich Thäler in der Hochebene eingegraben haben, die je nach der Art des Gesteines verschieden verlaufen und von verschiedenen Berg- und Hügelformen eingefaßt sind.

Die Sandsteine und Conglomerate bringen in diesem Falle engschluchtige Spaltenthäler mit fast senkrechten Seiten hervor — wie in der sogenannten sächsischen Schweiz. Bei etwas größerer Erweiterung der Thäler verflachen sich die Gehänge der Berge, erscheinen aber an den Abhängen und auf den Gipfeln mit riesigen Felsgestalten in Mauer- und Säulenform geschmückt, wie die Sandsteinberge in der Rheinpfalz. Die Kalksteine und Dolomite bilden, wenn sie mit Schieferthon und Mergel wechsellagern, entweder flache Rücken mit treppenartig absteigenden Gehängen, oder, wenn sie in stärker entwickelten Massen vorliegen, rauhe, stark zernagte, felsgekrönte Berge. Steiler geneigte Schichtenstellung ruft alsbald ganz andere Berg- und Thalformen hervor, von denen unsere Figuren 68 und 69 schon eine Ahnung geben. Die Muldenthäler, welche bei diesem Schichtenbau entstehen, sind lang gestreckt, ohne Krümmungen, je nach dem Neigungswinkel der Schichten mit flacherm oder steilerm Gehänge.

Die Scheidethäler haben da, wo die Schichtenköpfe ausstehen, eine steile, gewöhnlich felsige, andererseits eine sanfter ansteigende Seite. Die Aufbruchthäler sind beiderseits steilwandig, eigentliche Spalten. Je nach der Art des Gesteines hat nun die Ausspülung durch Wasser weiter nachgeholfen. In Schiefergesteinen bilden sich auf den Querabsonderungen Seitenthäler mit steil hervortretenden Felsgraten; im Hochgebirge spitze Nadeln und Hörner. Im Kalksteine entstehen an den fast senkrechten Felsmauern zahlreiche steil ansteigende Einrisse, wodurch das Einerlei der einförmig ausgedehnten Wand angenehm unterbrochen wird. Die Querthäler sind in beiden Fällen spaltenartig, eng und felsig. Von solchen Oberflächenformen geben Thüringen, namentlich das obere Saalthal, der Harz, der Taunus, das Juragebirge, die Alpen vielfache Beispiele.

An Manchfaltigkeit gewinnt die Landschaft, sobald sich den Sedimenten Eruptivgesteine beigesellen. Basalt und Dolerit stellen in der Regel Doppelkegel oder Gruppen von größern und kleinern Kegeln dar, deren Gehänge mit mancherlei rückenförmigen Auswüchsen besetzt sind und oft sehr zierliche Umrisse besitzen. Selten und nur, wo jene Gesteine in mächtigen Lavaströmen entwickelt sind, bilden sie Hochebenen oder sanftgewelltes Hügelland, wie im Meisner, im Vogelsberge, im Westerwalde. Der Phonolith setzt schroffe, steil aus der Umgebung emporstrebende Felsen zusammen, welche im Vereine mit Basaltkegeln und den Dombergen des Trachytes den Landschaften um Bilin und Fulda, sowie den Gegenden am Siebengebirge und an der Eifel einen so hohen Reiz verschaffen. Viele dieser, über weite Flächen hin zerstreuten, steilen und oft bewaldeten Kuppen dienten schon unsern ältesten Vorfahren als heilige Haine oder Waffenplätze; später wurden sie mit Burgen, Kirchen und Klöstern geziert, welche sich auf diesen erhabenen Fußgestellen meist sehr gut ausnehmen, so daß das Landschaftsbild dadurch ungemein an Anmuth gewinnt. In Hochgebirgen, wie im Ararat, in den Anden, behalten die Trachytformen im Allgemeinen dasselbe Aussehen, wie in den niedern Landschaften, nur treten alle Verhältnisse größer auf und weiter auseinander. Die Felsmassen werden höher und verbinden sich unter einander durch weiter zurücktretende, sanftgeneigte Flächen, über welche steile Felsmauern herablaufen. Die Zerklüftung des Gesteines wird in der Schneeregion und bei Feuerbergen unter der zerstörenden Wirkung der vulkanischen Gase sichtbarer; es lösen sich ungeheuere Platten und Tafeln von der Hauptmasse des Berges los und stehen entweder senkrecht oder liegen gar wagrecht in seltsamer Gruppirung darüber hin. Die Sammlung von Umrissen der südamerikanischen Feuerberge, welche Alexander von Humboldt veranstaltet hat, stellt zahlreiche solcher Formen dar.

Der Granit, Syenit und der Felsitporphyr geben in der Niederung einzeln stehende Felsblöcke, im Hügel- und Berglande mehr oder weniger steile oder felsige Gehänge und runde Bergkuppen. Der Felsit ist in der Regel etwas steiler und rauher, seine Felswände sind oft pfeilerartig abgetheilt; dagegen bedecken die Oberfläche des Granites und Syenites große und kleine Felshaufwerke, in deren, zuweilen sehr auffallenden Formen die Bewohner der Umgegend in der Regel allerlei Nachahmungen von Gebäuden oder Thieren erkennen. Im Hoch-

gebirge sind alle diese Formen großartiger, jedoch stellt keines dieser Massengesteine so scharfe, kühne Nadeln und Hörner dar wie die Schiefergesteine. Unsere Vignette Fig. 73 giebt einen Blick auf den Watzmann in den tyroler Alpen. Wir sehen in diesem Bildchen die himmelanstrebenden Formen der Alpen, vereinigt mit sanften Höhen, deren Fuß auf ebenem Plane ruht, so daß es uns gleichzeitig eine größere Reihe von Oberflächenformen zur Anschauung bringt.

3. Einfluß der Bodengestalt auf den Menschen.

Mit der Oberflächenform der Erde hängt die Thätigkeit der Bewohner innig zusammen. Auf sanftgewellten wasserreichen Ebenen blüht der Ackerbau und die mit ihm verbundene Gewerbsthätigkeit. Der leicht zu bearbeitende Boden ladet selbst zu dieser Betriebsamkeit ein; die Bewohner des Landes haben sich auf zerstreut gelegenen Höhen und Dörfern niedergelassen; in den Städten werden neben Ackerbau die Gewerbe betrieben, welche diesen unmittelbar unterstützen oder welche, wie die Runkelrübenzuckerfabrikation, Bierbrauerei u. s. w., von ihm abhängen. In den größern Städten, welche an besonders günstigen Stellen am Meere oder an großen Strömen entstanden, blühte rasch der Handel auf, indem an diesen Punkten der Ackerbauer seine Ernte gegen den Fleiß des ihn mit den manchfaltigsten Gewerbs- und Kunsterzeugnissen versorgenden Fabrikanten austauscht. Im Gebirge dagegen, wo der Ackerbau Schwierigkeiten findet, benutzt der Mensch den Wald, die Kraft der raschströmenden Bäche, um den Mineral- und Erzgehalt der Erde nutzbar zu machen. Aus den Tiefen holt er die Eisenstufe und verwandelt sie in Guß- und Schmiedeeisen, in Stahl. Das künstlich aufgestaute Wasser bewegt die Blasbälge, welche in den Schmelzöfen die Kohlen zu rascher Verbrennung in höchsten Hitzegraden anblasen; es hebt der Hammerwerke gewichtige Last und treibt die plättenden Walzen, welche das Eisen zu Stäben und Blechen ausdehnen. Neben den Eisenhütten und Hammerwerken siedeln sich viele andere Werkstätten an, in denen Sensen, Messer, Pflüge, Karste, Ketten, Draht, Nägel und die vielen tausend Dinge dargestellt werden, zu denen das Eisen und der Stahl sich formen lassen. Wo die Erdschichten andere Erze enthalten, deren Verfeinerung mehr in größern Fabriken stattfindet, da sind Bergbau- und Schmelzhüttenbetrieb in Flor; daneben bestehen Holzschneidereien, Glashütten, Porzellan-, selbst Tuch- und Leinenfabriken, weil die Bewohner des unfruchtbaren Gebirges weniger auf Erzeugung als vielmehr vorzugsweise auf die Verfeinerung und Verarbeitung der Rohstoffe hingewiesen sind. Diese Beschäftigungsweise treibt den Menschen zum Nachdenken an, sie macht ihn erfindungsreich und übt seinen Scharfsinn. In den größern Bergorten wohnt der Händler, der Kaufmann, der Vermittler zwischen Fabrikant und Consument. Er bereist die Welt, um die von seinen Landsleuten angefertigten Waaren umzusetzen, er bringt nicht allein dieses, sondern auch einen reichen Schatz von Erfahrungen aller Art mit in die Heimat zurück, welcher ihm und den mehr an die Wohnsitze gefesselten Fabrikanten zu Gute kommt. Im Hochgebirge, wo enge Thäler durch gewaltige

Bergriesen getrennt verlaufen, kennen die Bewohner räumlich nahe liegender Thalgründe sich oft kaum, weil die Wege nur wenige Monate lang ohne Lebensgefahr zu benutzen sind. Solche Gegenden sind eigentlich zur Viehzucht ausersehen, ihre Bewohner weiden die Herden auf den kräuterreichen Alpen und kommen nur mit denen in Verkehr, welche sie aufsuchen, um ihnen Gegenstände zur Befriedigung ihrer bescheidenen Bedürfnisse gegen ihre Erzeugnisse abzutauschen.

Aber auch die Substanz des Bodens lenkt die menschliche Thätigkeit in besondere Bahnen. Wo trockener Sand, wasserdurchlassende Kreide, überhaupt wasserlose oder wasserarme Steppe, da wird nie ein gesittetes Volk seine Wohnstätte aufschlagen; nur der nomadisirende Hirte, der den Handelskarawanen auflauernde Räuber können hier ihr kärgliches, kaum menschenwürdiges Dasein fristen. Nie kann auf solchem Boden, und würden dahin die besten Kräfte der weißen Menschenrasse versetzt, ein Staat gegründet werden, wenn es vorher nicht gelungen ist, Wasser an der Oberfläche zum Fließen zu bringen. Die französischen Geologen versuchen dieses jetzt in den wasserarmen und wasserlosen Rändern der Sahara zu erreichen; gelingt die Unternehmung in ausgedehntem Maße, wie sie bereits an einzelnen Stellen geglückt ist, so wird durch die Geologie die Erde um ein anbaufähiges Land bereichert.

Wo der Reichthum der Schichten die Steinkohle, das Eisen, das Salz in Menge darbietet, da benutzt der denkende Mensch die von ihm erst entwickelte Naturkraft des siedenden Wassers zu seinen weitaussehenden Zwecken. Er vermehrt durch die künstlich gebauten Maschinen seine Hände und ersetzt seine schwache Kraft zum Betriebe derselben durch den Luftstrom, das fließende Wasser oder den Dampf. Hier besiegt der Mensch Zeit und Raum. Aber es liegt für ihn auch eine große Gefahr in diesem unterirdischen Schatze: die, welche nach erlangter Macht und Größe aus der Selbstüberschätzung entsteht. Die erhabensten Errungenschaften des Geistes werden beschattet durch Selbstsucht, welche, sich in Selbstzwecken vergessend, die Menschenpflicht verlernt. Neben großem Reichthume darbt nicht selten verlassen die bitterste Armuth, neben selbstgenügsamer Frömmelei wälzt sich die an einer göttlichen Vorsehung irrende Verzweiflung.

Wo die fruchtbedeckten Ebenen mit metallreichen Berglanden wechseln und große das Meer erreichende Ströme den Verkehr mit allen fernern Völkern erleichtern, da können sich alle Kräfte der Menschen gleichmäßig entwickeln; denn es sind alle Bedingungen gegeben zu einer vollgültigen Verwerthung der Anlagen und Kräfte eines jeden Einzelnen und damit zu einer innigen Verkettung Aller, zu einem auf sicherer sittlicher Grundlage ruhenden Gemeindeverbande. So glücklich ist auch das deutsche Land gegliedert und es hat zum Segen der ganzen Menschheit schon manchen der Unsterblichkeit würdigen Mann erzogen!

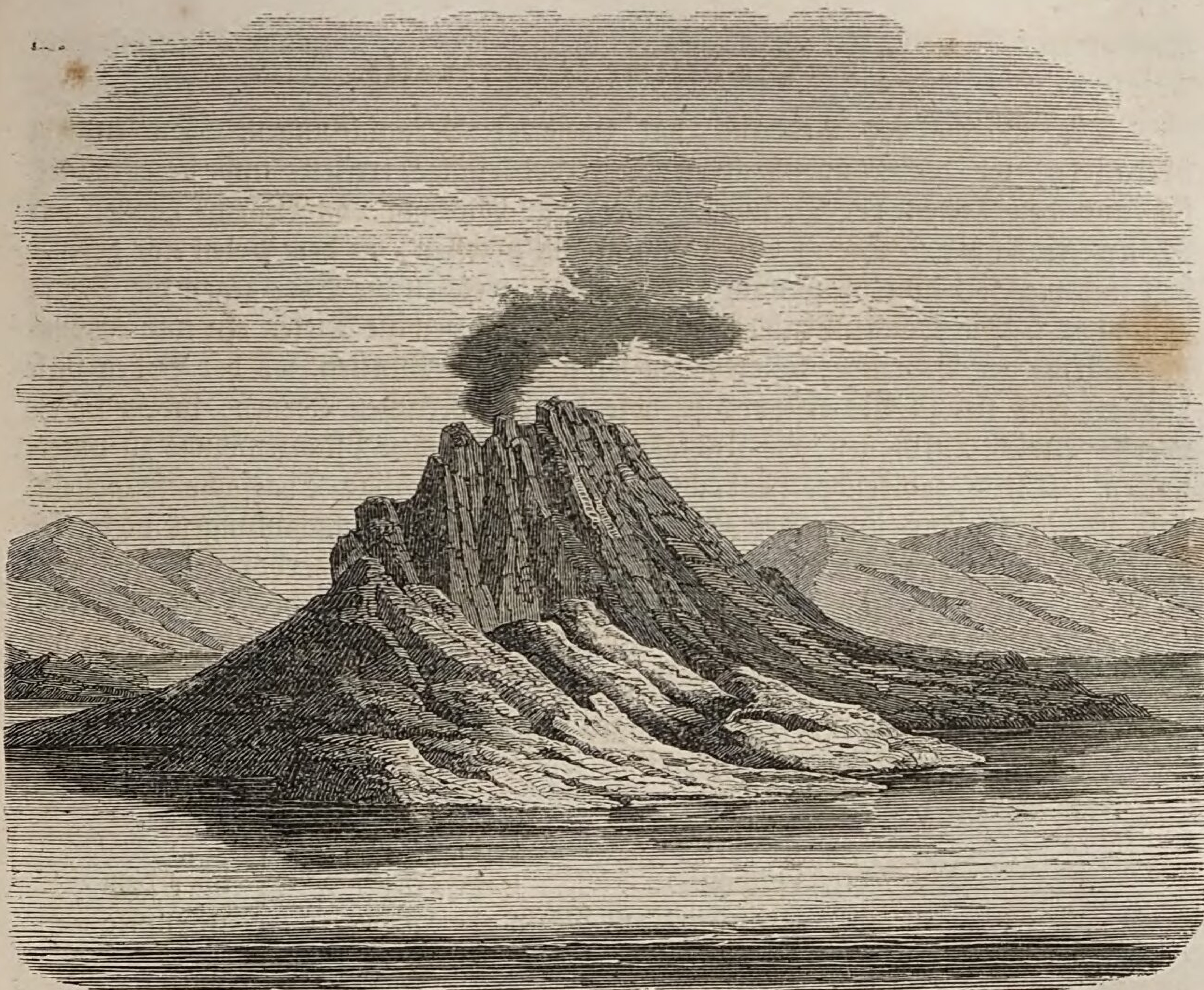


Fig. 74. Der Vulkan Mitake in Japan.

Dritter Abschnitt.

Die Entstehungsgeschichte der Gesteine (Petrogenie).

I. Entstehung der Eruptivgesteine.

Während alles Schwere auf Erden, dem Gesetze der Schwerkraft folgend, von der Oberfläche nach dem Mittelpunkte der Kugel hinstrebt, suchen die Eruptivgesteine, die Laven, die entgegengesetzte Richtung. Sie steigen aus den dunkeln Tiefen hervor und breiten sich am Licht der Sonne aus. Diese Abweichung von dem allgemeinen Gesetze der Schwere kann nur durch eine starke und mächtige Kraft bewirkt werden, durch eine Naturkraft, welche der alles auf einen Punkt zusammenhäufenden Schwere entgegenwirkt: durch die Wärme.

A. Die Wärme des Erdballs.

Die Wärme des Erdballs hat zweierlei Veranlassungen. Sie entsteht überall da, wo die Sonnenstrahlen die Erdoberfläche treffen, und sie entwickelt sich aus den Tiefen der Erdkugel. Die erste Gattung von Wärme nennen wir *Sonnenwärme*. Sie ist am Aequator am höchsten, an den Polen am geringsten und wechselt jährlich je nach dem Stande, welchen die Erde gegen die Sonne einnimmt. Die Sonnenstrahlen dringen bis auf gewisse Tiefen ein und erhöhen die Wärme der Erdrinde; sie ertheilen selbst an den Punkten, wo der Boden viele hundert Fuß tief zu Eis erstarrt ist, wie in den sibirischen Ebenen, indem sie die oberste Schicht aufthauen, die Fähigkeit, einen spärlichen Pflanzenwuchs zu unterhalten. Durch zahlreiche Beobachtungen ist die wichtige Thatsache festgestellt, daß 60 bis 80 Fuß unter der Erdoberfläche keine der Schwankungen mehr bemerkt werden, welche die Sonnenwärme an der Oberfläche hervorruft; daß vielmehr in dieser Tiefe immerwährend die mittlere Temperatur des Ortes herrscht. Die mittlere Temperatur des Ortes ist derjenige Wärmegrad, welchen man als das arithmetische Mittel aus den Wärme- oder Kältegraden aller Tage des Jahres findet. Diese Temperatur ist je nach den Breitegraden, der Höhe über dem Meere und den klimatischen Verhältnissen sehr verschieden.

Sie beträgt z. B. zu Madras	$+ 27{.}_8{}^0$	Cels.	über dem Eispunkte
„ Neapel	$+ 16{.}_4{}^0$	„	
„ London	$+ 10{.}_4{}^0$	„	
„ Frankfurt am Main	$+ 9{.}_8{}^0$	„	
„ Berlin	$+ 8{.}_6{}^0$	„	
„ Petersburg	$+ 3{.}_5{}^0$	„	
auf dem St. Bernhard	$- 1{.}_0{}^0$	„	unter demselben
„ der Insel Melville	$- 18{.}_7{}^0$	„	

Das Wasser nimmt in Seen und im Meere nach der Tiefe hin kältere Temperaturen an, weil das höher erwärmte Wasser, leichter als das kältere, nach oben steigt. Da das süße Wasser bei $+ 4^0$ R. die größte Dichtigkeit besitzt, so erreicht die Tiefe der Landseen diese niedere Temperatur, wenn die mittlere Jahrestemperatur des Ortes auch eine viel höhere oder tiefere ist, und der Boden solcher Seen wird alsdann ebenfalls 4^0 warm sein. Das Meerwasser hat aber unter 0 Grad seine größte Dichtigkeit (es gefriert bekanntlich nicht wie das süße Wasser schon bei 0 Grad); die Meerestiefen erreichen deshalb oft diese niedrige eisige Temperatur und die Tiefe des Meeresgrundes muß eben so tief erkaltet sein.

Von den 60—80 Fuß unter der Oberfläche liegenden Punkten und vom Grunde der Meere und Seen nimmt die Temperatur je nach der Jahreszeit nach oben ab oder zu, nach unten, nach dem Erdcentrum hin aber nimmt sie, soweit bis jetzt beobachtet werden konnte, in der Regel zu, das heißt *die Erde wird nach innen wärmer*. Die Erde hat demnach außer der Sonne eine eigene Wärme, welche man die *Erdwärme* nennt. In einigen wenigen Fällen ist zwar nach der Tiefe hin eine Wärmeabnahme beobachtet worden, diese seltene Erschei-

nung wird jedoch örtlichen Verhältnissen zugeschrieben; für die besten und zuverlässigsten Beobachtungen über Erdwärme und deren Zunahme nach der Tiefe werden diejenigen gehalten, welche mittelst Bohrlochsabteufen in solchen Erdschichten erlangt worden sind, in denen wenig cirkulirendes Wasser vorhanden war, mit denen keine steil in die Tiefe niedersetzende Schichtungsebenen oder Kluftspalten getroffen wurden. Beobachtungen in Grubenbauen geben oft ein unsicheres Resultat, weil die erkältend einwirkende Luftbewegung oder die erwärmende Einwirkung der Bergleute und deren Lichter nicht immer mit Sicherheit ermittelt werden kann. Um die große Ungleichheit der Wärmezunahme nach der Tiefe an verschiedenen Punkten zu zeigen, geben wir folgende Beobachtungen:

1. An **Bohrlöchern**. Die mittlere Jahrestemperatur des Ortes ist von der in der größten Tiefe des Bohrloches gefundenen Wärme abgezogen, mit der Differenz die Tiefe des Bohrloches dividirt; wodurch man diejenige Länge in Fußen erhält, um welche die Erdtemperatur um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers zunimmt. Man nennt diese Länge die geothermische Tiefenstufe.

		Geometrische Tiefenstufe. Pariser Fuß.	Tiefe des Bohrloches. Pariser Fuß.
Kissingen (Schönbornbohrloch)		84	1798
Homburg vor der Höhe		118.8	1782
Bad Oeynhausen bei Minden		92.27	2144
Artern in Thüringen		120.00	1000
Rüdersdorf bei Berlin		92.0	880
La Grenelle bei Paris		95.0	1684
Mondorff im Luxemburgischen		91.1	2066
La Rochelle		60.6	379
Neuffen in Württemberg		34.1	1045
Bad Nauheim	Bohrloch Nr. 7 Temperatur in der Tiefe 36.25° C.	22.0	491
	Bohrloch der Friedrich Wilhelms-Quelle in der Tiefe 38.75° C.		546

2. An **Grubenbauten**. In den zum Theil sehr tiefen Bergwerken des sächsischen Erzgebirges ward die Beobachtung gemacht, daß die geothermische Tiefenstufe im Durchschnitte 129 Fuß beträgt. Im Königreich Preußen fand man dieselbe in verschiedenen Gruben von 48 bis zu 355 Fuß schwankend, im Mittel 167 Fuß. In Steinkohlengruben findet die Temperaturzunahme nach der Tiefe fast doppelt so rasch statt als in Erzgruben. In belgischen Kohlengruben nimmt mit je 102 Fuß Tiefe die Wärme um 1° C. zu, in englischen je 100 bis 116 Fuß, in französischen bei je 46 bis 59 Fuß. Alle diese Beobachtungen beweisen allerdings eine Zunahme der Erdwärme nach der Tiefe, sie lehren aber zugleich, daß diese Zunahme durchaus ungleichmäßig und je nach dem Orte und dem Gesteine sehr verschieden ausfällt. Die chemische Thätigkeit in den Erdschichten, wie z. B. die allmälige Verbindung des Kohlen- und Wasserstoffs in den Braun- und

Steinkohlenflötzen oder der kohlig bituminösen Farbenbestandtheile der Thone, Kalke, Thonschiefer, des Schwefelkieses, welcher in großer Menge fein vertheilt, allen Sedimenten eingemengt ist, mit Sauerstoff, bewirkt eine nicht unbeträchtliche Wärmezunahme, und diese chemischen Vorgänge sind die Quellen eines großen Theiles der Erdwärme. Die Wärme einer tiefern Erdschicht wird deshalb wesentlich von der Menge chemischer Vorgänge (von der Regsamkeit des Stoffwechsels) in ihr abhängen. Die chemische Thätigkeit kann eine solche Steigerung erfahren, daß die Schicht in Glut kömmt und, wenn sie brennbare Gegenstände enthält, selbst flammt und das über ihr liegende Gestein zum Erglühen und Schmelzen bringt. Solche Erdbrände werden veranlaßt durch die Oxydation des Schwefelkieses und entstehen sowol in Bergwerken als auch im Freien, wo Braun- und Steinkohlenstaub mit Feuchtigkeit in Berührung kommt. Sie ergreifen die Kohlenlager oder kohligbituminösen Schichten und verzehren deren Brennstoff allmälig, wobei mancherlei Umänderungen in dem Dachgesteine vorgehen. In der Regel wird der Thon, Schieferthon und Sandstein des Dachgesteines gebrannt, roth und violett gefärbt; der eingeschlossene Sphärosiderit verwandelt sich in magnetisches Eisenoxyduloxyd. Dabei wird das Gestein nicht erweicht, so daß die Formen eingeschlossener Pflanzen- und Thierreste sehr wohlerhalten bleiben. Solche Erdbrände finden heute noch statt: bei Zwickau, bei Duttweiler, am Meisner in Hessen, bei Bilin und vielen andern Orten; alte Erdbrände, an ihren Produkten kenntlich, haben in weiter Ausdehnung stattgefunden in Hessen, Böhmen, Sachsen u. s. w.

Die oben aufgezählten Stufen der Erdwärmezunahme nach der Tiefe geben die für die einzelnen Beobachtungsorte geltenden mittleren Werthe an; bei Vergleichung der von uns nicht im Einzelnen aufgeführten Beobachtungen der Wärme in verschiedenen Tiefen der Bohrlöcher und Bergwerke findet sich, daß nach dem Erdinnern hin die Tiefenabstände, bei welchen sich die Wärme um einen Grad des hunderttheiligen Thermometers erhöht, stets größer und größer werden. Als Beispiel führen wir das Bohrloch zu Grenelle an. Innerhalb der ersten 680 Fuß beträgt die Wärmezunahme auf je $81._6$ Fuß einen Grad, von da bis zu der Tiefe von 1600 Fuß auf je 123 Fuß einen Grad. Die Zunahme der Wärme gegen das Erdinnere hin spricht für das Vorhandensein einer eigenthümlichen Wärmequelle, von deren Beschaffenheit die Geologie jedoch noch keine klare Vorstellung erlangt hat.

Die Hypothese, welche im Erdinnern ein Centralfeuer annahm, hängt mit andern Voraussetzungen über die Bildung der Erde zusammen, welche zum Theil schon wiederholten wissenschaftlichen Prüfungen weichen mußten. Diese Hypothese ist allerdings zur Erklärung mancher Erscheinungen sehr bequem, dennoch haben sich manche gewichtige Gründe gegen sie geltend gemacht, so daß wir es unterlassen, die Gemüther unserer Leser mit den Folgerungen, welche man aus ihr zog, zu erhitzen. Die auf diese Voraussetzungen hin berechneten Dicken der erstarrten Erdkruste und des feuerflüssigen Kernes sind für uns Dinge, welche sich aller erfahrungsmäßigen Prüfung entziehen; wir können ihrer gedenken, aber

müssen dabei bedauern, daß sie als mit Bestimmtheit ausgesprochene Ansichten sonst hochverehrter Forscher den Fortschritt der geologischen Wissenschaft nur zu hemmen vermögen. Nicht allein jene auf unmittelbaren Messungen beruhenden Beobachtungen, welche uns nur für eine außerordentlich geringe Tiefe gestattet sind, sondern auch die, an vielen Orten aus der Erde tretenden **Thermalquellen** und die **Feuerberge** geben Zeugniß von einer inneren Erdwärme.

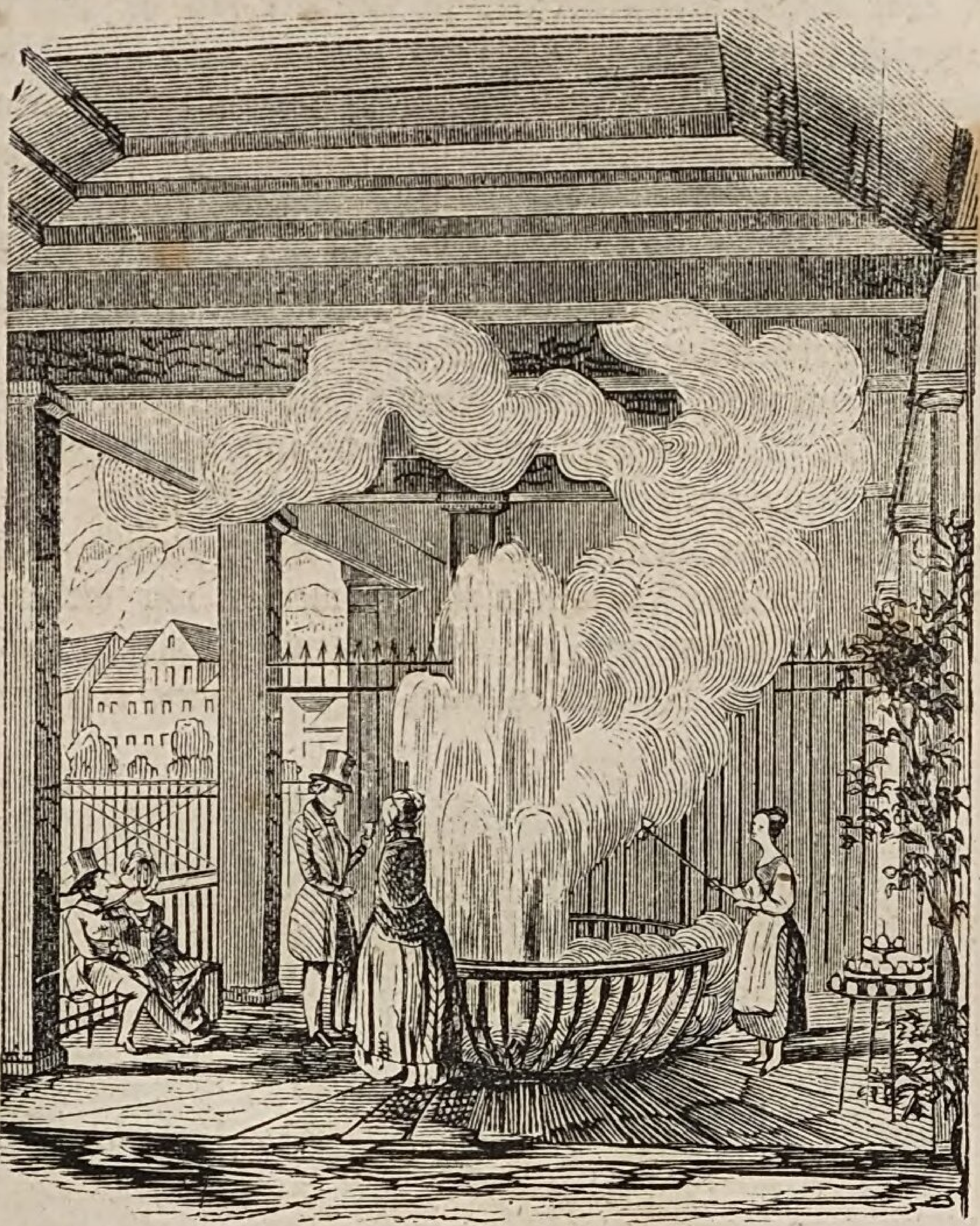


Fig. 76. Der Sprudel in Karlsbad.

Thermen sind solche Brunnen, deren Wasser eine, die mittlere Jahrestemperatur des Ortes übersteigende Wärme besitzt. Sie entstehen, indem das Regenwasser tief in die Erde eindringt, dort die Erdwärme annimmt und auf seinem Wege nach oben beibehält. Manche dieser Thermen geben sehr stark erhitztes Wasser aus, z. B. die Quellen zu Karlsbad, Teplitz, Wiesbaden Baden-Baden bei Zürich, Baden bei Wien und viele andere. Manche, namentlich in vulkanischen Gegenden, liefern sogar über den Siedepunkt hinaus erhitztes Wasser; wie die **Geiser** Islands, welche die umstehende Abbildung darstellt.

Die Geiser liefern ein Kieselerde enthaltendes Wasser, welches rings um die Oeffnung der Springquellen engere oder weitere kreisrunde Kegel mit trichter- oder cylinderförmiger innerer Oeffnung aus Kieselsinter aufbaut. Diese Kegel erreichen Höhen von 50 bis 70 Fuß, ihre inneren Oeffnungen sind 2 bis 12 Fuß weit. Der Boden, auf welchem die Quellkegel stehen, ist von Wasser durchtränkt, welches seine Wärme aus der Tiefe aufsteigenden hocherhitzten Wasserdämpfen, wie sie in vulkanischen Gegenden öfters der Erde entweichen, verdankt. Die Wassersäulen von 50 bis 70 Fuß Höhe, welche in den Rohren der Geiserkegel stehen, erhitzen sich von unten her; sie kochen an ihren obern Enden bei 100° Cels.,

während sie in den Tiefen unter dem starken Wasserdrucke, welcher $1^2/_3$ bis 2 Atmosphärendruck gleichkommt, bis auf 121° erhitzt werden, ohne sich in Dampf zu verwandeln. Entweicht aber, wenn der Inhalt eines Geiserrohres in einen solchen Zustand versetzt ist, eine Gasblase, wird bei stärkerm Aufwallen etwas Wasser aus dem Rohre ausgeworfen, so mindert sich die auf den unteren hocherhitzten Wasserschichten liegende Spannung plötzlich und die nunmehr geringerem Drucke ausgesetzten Wassermassen verwandeln sich augenblicklich in Dampf. Dabei dehnen sie sich außerordentlich aus und treiben mit der Gewalt, welche wir bei den Dampfmaschinen kennen, die überstehende Wassersäule mit weißen Schwadenwolken vermischt hoch in die Lüfte. Das in den Schlund zurückfallende Wasser wird immer wieder aufwärts geschleudert, bis endlich bei weit fortgeschrittener Erkaltung die Erscheinung einige Zeit ruht.

Island zählt eine große Menge solcher Quellen, deren eigentliche Natur zuerst von Dr. R. Bunsen, einem die vulkanischen Gegenden Islands durchforschenden, scharfsinnigen deutschen Chemiker und Physiker, erkannt worden ist. Ueber die Thermen von Karlsbad, Nauheim, Kissingen und Soden, welche den Geisern ähnliche sprudelnde Fontainen bilden, werden wir weiter unten reden; bei ihnen ist nicht die Wärme und der Wasserdampf, sondern eine aus dem Wasser entweichende Luftart, die Kohlensäure, die Bewegung erzeugende Kraft.

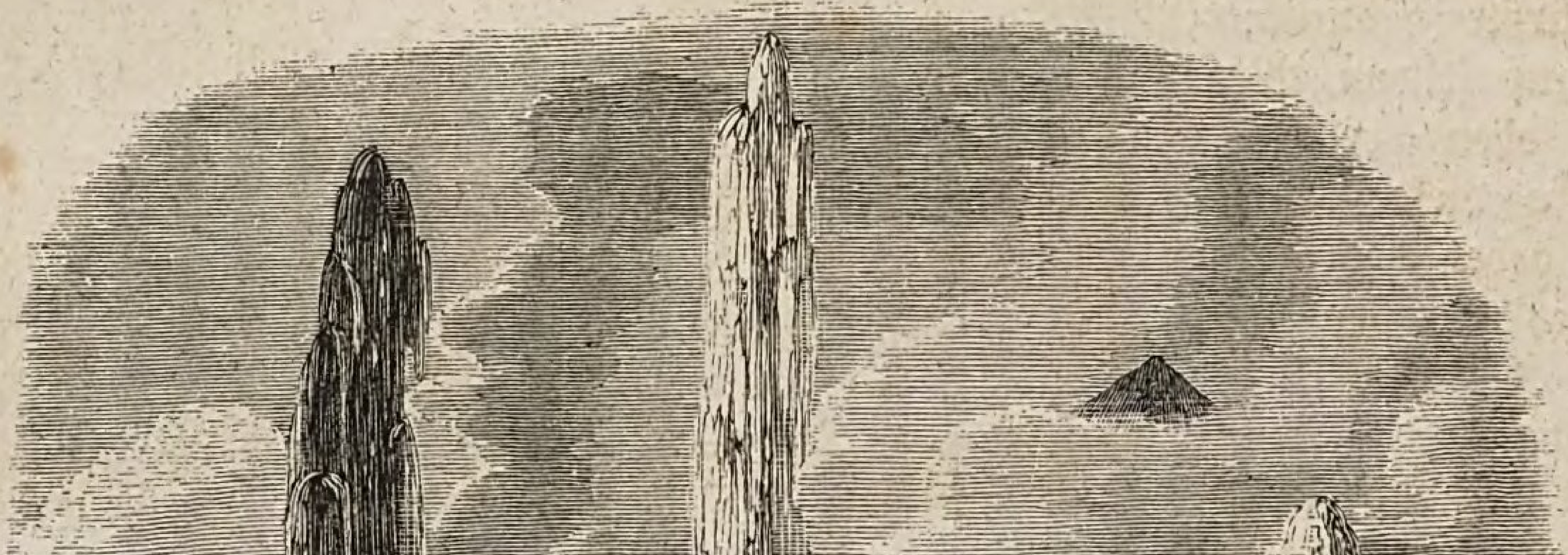
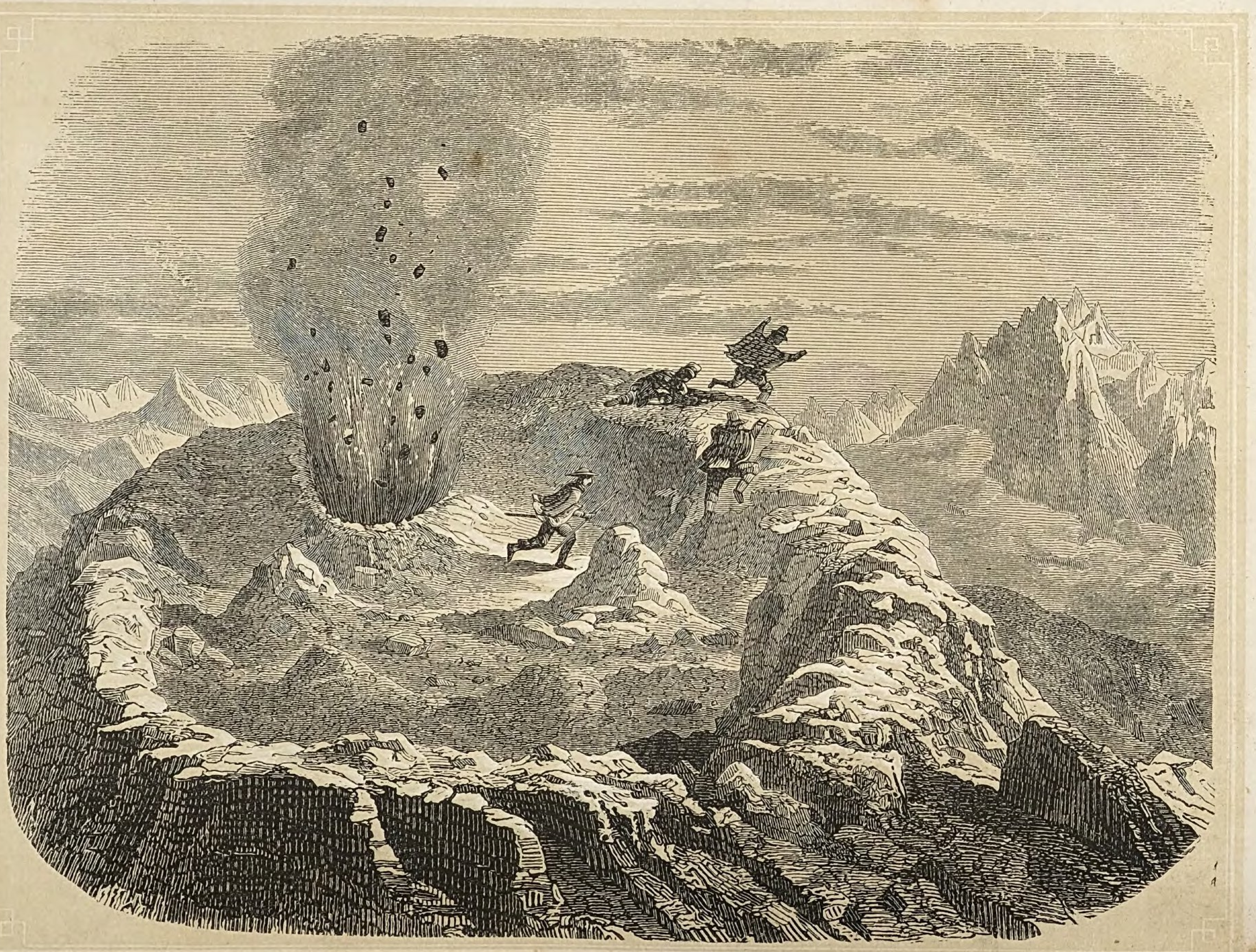


Fig. 76. Die Geiser Islands.



Der Vulkan von Antuja in Chile.

Buch d. Geologie I. 2. Aufl. S. 144.

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.



Fig. 77. Krater des Vulkans Tael auf Luzon (Philippinen).

B. Vulkane und ihre Eigenschaften.

Am großartigsten erscheinen die Aeußerungen der Erdwärme in den Vulkanen, den Punkten der Erde, wo die innere höhere Erdwärme örtlich der Oberfläche nahe gerückt ist und wo sich bleibende oder wenigstens häufig öffnende Verbindungswege zwischen dem Erdinnern und der Oberfläche gebildet haben.

Man hört vielfältig die Aeußerung aussprechen: in 9 bis 10 oder 30 bis 40 Meilen Tiefe unter der Oberfläche müsse die Erde feurig flüssig sein; denn dort müsse eine Hitze herrschen, welche die Gesteine schmilzt, weil sich mit je 100 Fuß Tiefe die Wärme des Erdinnern um 1^0 erhöhe. Wir wollen sehen, wie diese Ansicht von der Erfahrung bestätigt wird. Nehmen wir die Hitze, bei welcher Lava schmilzt, zu 2000^0 an, so würde in Berücksichtigung unserer obigen Tabelle über die geothermischen Tiefestufen in Bohrlöchern der Schmelzpunkt zu suchen sein:

unter Kissingen bei	168,000	Fuß oder bei ca.	$7\frac{3}{10}$	Meilen
„ Oeynhausen bei	184,500	„ „ „ „	$8\frac{7}{100}$	„
„ Artern bei	240,000	„ „ „ „	$10\frac{5}{10}$	„
„ Berlin bei	184,000	„ „ „ „	$8\frac{7}{100}$	„
„ Paris bei	190,000	„ „ „ „	$8\frac{3}{10}$	„
„ La Rochelle bei	121,000	„ „ „ „	$5\frac{3}{10}$	„
„ Neuffen bei	68,200	„ „ „ „	$2\frac{9}{10}$	„
„ Nauheim bei	44,000	„ „ „ „	$1\frac{9}{10}$	„
„ Homburg v. d. Höhe bei	237,600	„ „ „ „	$10\frac{4}{10}$	„

Es geht hieraus hervor, daß selbst in sehr nahe gelegenen Orten, wie Bad Nauheim und Homburg, welche beide dem Basalte des Vogelsberges, dieser alten Lava, ziemlich gleich nahe sind, gleich hoch erhitzte Punkte in den Erdtiefen sehr verschieden hoch liegen. Auch bei Neuffen in Schwaben liegt dieser Schmelzpunkt sehr hoch, und es kann dies auch nicht dem Basalte zugeschrieben werden, welcher bei Homburg eben so häufig als bei Neuffen erscheint. Da die in Gruben beobachtete Wärmezunahme nach der Tiefe hin eben so großen Schwankungen unterliegt, als die in Bohrlöchern bemerkte, so wird wol mit Grund nicht behauptet werden können, daß bei letzteren überall aufsteigende Thermen die Veranlassung zu jener Unregelmäßigkeit abgeben. Wir sehen uns sohin erfahrungsgemäß zu dem Ausspruche veranlaßt, daß alle Berechnungen über die Tiefe des Sitzes der vulkanischen Herde vor der Hand ganz vergeblich sind. Unter gewissen Verhältnissen kann sich möglicher Weise die Hitze in der Nähe der Erdoberfläche so hoch steigern, daß die Gesteine schmelzen und Vulkane entstehen.

So vielfältig auch die äußeren Erscheinungen der Feuerberge beobachtet worden sind, über ihr inneres Wesen ist noch wenig Licht verbreitet. Da die Vulkane in der Geschichte der Erdrinde eine so interessante Rolle spielen, machen wir uns im Nachstehenden mit den üblichen Bezeichnungen bekannt, welche man bei einer eingehenden Schilderung derselben festzuhalten pflegt, um dann einen Blick auf die bei ihrer Thätigkeit vorkommenden Erscheinungen zu werfen.

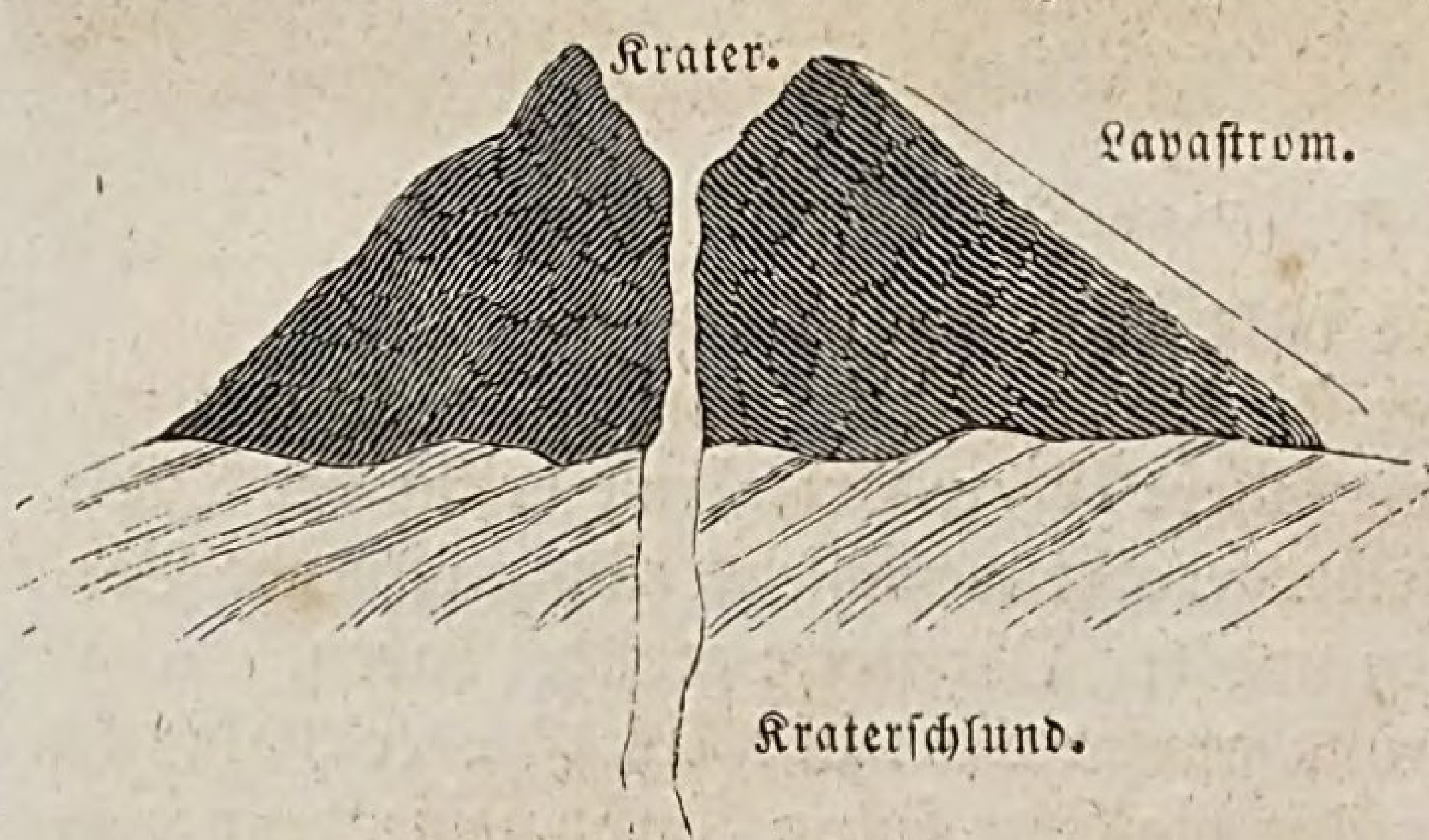


Fig. 78.

Die Oeffnung, welche den Vulkan mit den Erdtiefen in Verbindung setzt und spaltenartig die Gesteinschichten durchbricht, wird der Kraterschlund genannt. Diese Oeffnung ist der Weg, auf welchem die unterirdischen Gewalten Lava, Staub und Trümmer hervortreiben. Die emporgehobenen Massen fallen zum Theil rund um den Kraterschlund nieder und bilden daselbst allmälig einen steilen, kegelförmigen, oft zu beträchtlicher Höhe anwachsenden Berg, den auf unserer Fig. 78 dunkel angelegten Schlacken-, Aschen- oder Auswurfskegel. Inmitten dieses Kegels befindet sich der verlängerte Kraterschlund und der becherförmige Krater. Die Lava schießt entweder oben aus dem Krater und ergießt sich über den Aschenkegel oder sie durchbricht den letzteren seitlich mehr am Fuße. Bei andern Vulkanen bilden die Schichten derjenigen Gesteine, durch welche sich der Kraterschlund geöffnet hat, einen kreisförmigen Wall. Es ist dies der Fall beim Vesuve, von welchem Fig. 79 einen Durchschnitt giebt. Die Schichten des mit 2 bezeichneten Gebirgsstückes bestehen aus vulkanischen Conglomeraten und Laven, namentlich aus Leuzitlava. Sie fallen rund um den Erhebungspunkt des Vulkanes nach außen abhängig ab, lagen

ehemals horizontal und wurden von unten gehoben und aufgebrochen, wodurch anfangs ein kreisförmiges Thal, ein sogenannter Erhebungskrater, entstand. Die eine Seite des Ringes dieses Erhebungskraters unterlag später der Zerstörung; die noch stehende Hälfte a heißt jetzt Somma; sie ist berühmt wegen der

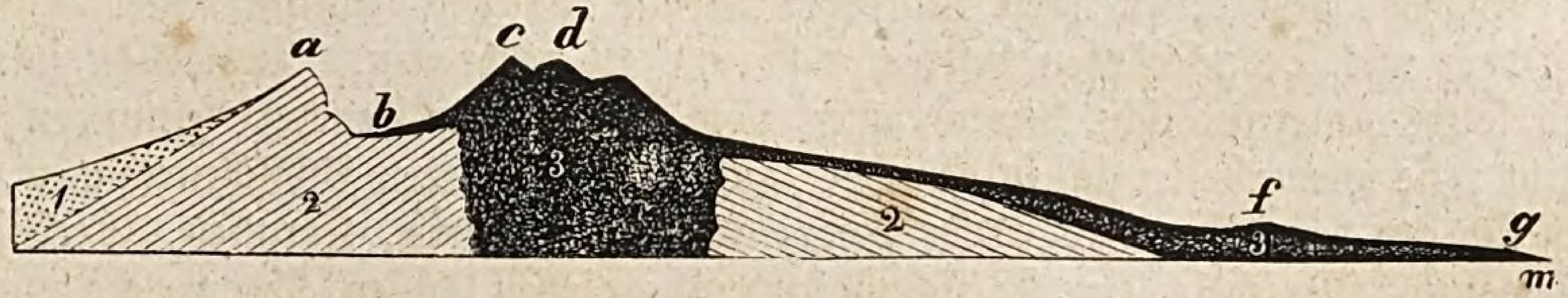


Fig. 79. Durchschnitt des Vesuvs.

vielen schön krystallisirten Mineralien, die an ihr gefunden werden und welche wahre Zierden vieler Sammlungen bilden. Nachdem dieser Erhebungskrater entstanden war, öffnete sich die Erde in dessen Mitte; es entstieg derselben vulkanische Asche und Lava, welche in unserer Figur mit 3 bezeichnet, zum Theil die Kraterwände c, zum Theil die innersten Aschenkegel d, zum Theil die herabgeflossenen Lavaströme b f g bilden. Der Punkt b führt den Namen Atrio del Cavallo, der Punkt c Punta del Palo; bei f liegt der Ort Camalduoli, bei g Torre del Anunciata; m ist der Meeresspiegel. Die mit 1 bezeichnete Ablagerung besteht aus Bimsstein und staubförmiger Asche, vom Wind in die Ebene geführt.

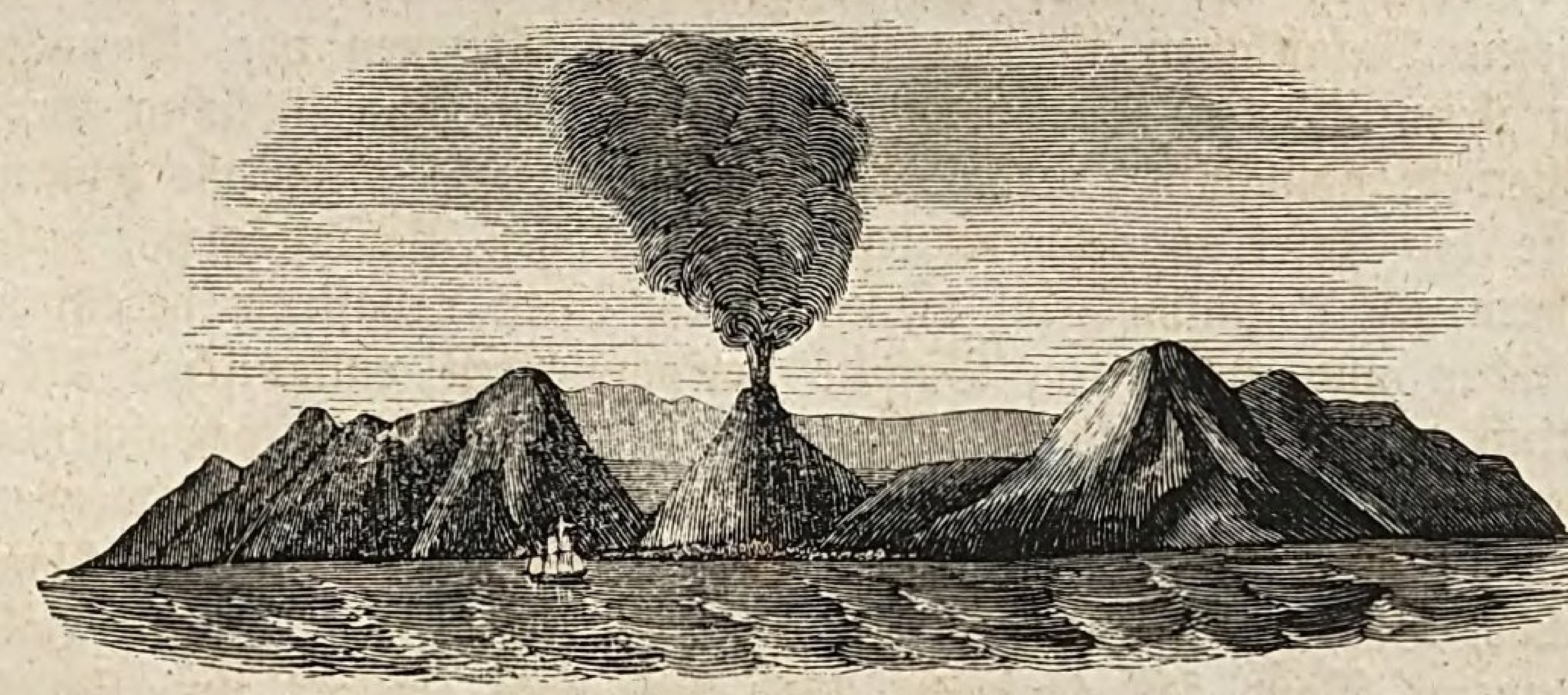


Fig. 80. Das Barren=Eiland.

Eine höchst anschauliche Darstellung eines Erhebungskraters mit dem innern, Rauch und Asche auswerfenden Eruptionskegel bietet unsere Fig. 80, das Barren=Eiland, welches einer Reihe von Vulkanen zwischen Bengalen und den Sunda=Inseln angehört. Der Ringwall dieses Vulkanes besteht aus Basalt; er ist an der einen Seite durchbrochen und gestattet dem Meere Eingang in sein Inneres. Inmiten des so gebildeten kreisförmigen Meerbusens erhebt sich ein beinahe 1700 Fuß hoher Ausbruchskegel, welcher öfters Asche, glühende Schlacken (Lapilli) und Rauch ausstößt.

Wenden wir uns nun zur Entstehungsgeschichte der Feuerberge; wir erläutern dieselbe an einigen Beispielen, die gleichzeitig die Bildung der verschiedenen

vulkanischen und eruptiven Gesteine verfolgen lassen. Die vulkanischen Ausbrüche ereignen sich in der Regel im Meere oder dem Meere nahe, so daß es den Anschein hat, als ob das Meer zur Hervorrufung derselben hülfreich eintreten müßte. In dem den Meeresboden bildenden Gesteine scheinen an manchen Orten Spalten zu entstehen, aus denen Lava in großer Menge ausfließt, um sich unter Wasser, auf dem mit Seegeschöpfen bestreuten Grund zu verbreiten. Wol nicht immer sind solche untermeerische Lavenergüsse von eigentlichen Feuererscheinungen begleitet; sie wiederholen sich in gewissen längern oder kürzern Zwischenräumen, so daß sich auf den ersten Lavastrom wieder allerlei Seethiere, Korallen, Seesteine, Seeigel und Muscheln, eine Kalkschicht bildend, ansetzen können, über welche hinaus dann der zweite Lavaerguß erfolgt. Solche mit Kalklagern der neuesten Bildung abwechselnde Lavaschichten werden in Unteritalien mehrfach beobachtet; sie kommen aber auch aus früheren Erdentwicklungszeiten vor, so daß derartige untermeerische Lavaergüsse als zu jeder Zeit auf Erden vorgekommene Ereignisse angesehen werden dürfen. Diese Laven können Obsidian- oder Pyroxenlaven sein; sie werden nicht selten, durch die gesteigerte vulkanische Thätigkeit in Erhebungskratern aufgebogen, an die Oberfläche des Meeres gebracht.

Der Basaltring von Barren-Eiland (Fig. 80), die ganz aus gehobener Basaltlava bestehende, einen tiefen und sehr charakteristischen Erhebungskrater enthaltende Insel Palma der Kanaren, auch ein großer Theil der vulkanischen Insel Island, bestehen aus unter Wasser geflossener basaltischer Lava. Für die isländischen Basaltlaven ist namentlich das Vorkommen von Baumstämmen zwischen ihren Bänken bezeichnend. Diese offenbar aus südlichen Erdstrichen zugespülten Baumstämme verhalten sich ganz so, als wenn die jetzt noch an die Küste der Insel angeschwemmten amerikanischen Baumstämme, welche den Bewohnern als Brennmaterial dienen, durch einen Lavastrom bedeckt würden. Die zwischen und auf jenem Basalte vorkommenden vulkanischen Aschenlager (Basalttuff) enthalten Meeresmuscheln und kleine, das Meer bewohnende Foraminiferen; auch sie müssen unter Meeresbedeckung abgesetzt worden sein. Auch die Insel Santorin im griechischen Archipel muß als ein schönes Beispiel solcher Bildungen erwähnt werden. Sie bildet einen großen Halbmond, dessen innerer Rand fast senkrecht 750 Fuß hoch abstürzt und sich so noch 1700 Fuß tief unter der Meeresfläche fortsetzt. Ehemals stand dieser Halbmond in Verbindung mit der etwas niedereren Insel Therasia, von welcher sie 233 vor Beginn unserer Zeitrechnung durch ein Erdbeben getrennt wurde, und wol auch mit der kleinen Insel Aspronisi. Der von diesen über den Meeresspiegel hervorstehenden Rändern gebildete 30,000 Fuß lange und 18,000 Fuß breite, ovale Erhebungskrater setzt unter Meer fort; er besteht zum Theil aus Glimmerschiefer und körnigem Kalke, zum Theil aus Tuffschichten, die von innen nach außen steil abfallen und mit Lavaströmen wechseln. Das Innere dieses Erhebungskraters bedeckte bis 196 Jahre vor Christo ununterbrochen der Meeresspiegel. Zu dieser Zeit erhob sich plötzlich in dessen Mitte eine aus glasigem Trachyt bestehende Insel, Paläo-Kaimeni, auf deren Oberfläche Austern



Fig. 81. Krater des erloschenen Vulkans von Wissingur (Abessynien).

und andere Muscheln fest gewachsen saßen, woraus hervorgeht, daß das Gestein längst unter Meer gebildet war. Im Jahre 19 vor Christo, 726 und 1427 nach Christo vergrößerte sich Paläo-Kaimeni wiederholt. Später, 1573, erhob sich die Insel Mikro-Kaimeni an deren Seite, und 1707—1709 wuchs die von Austern bedeckte Bimssteininsel Neo-Kaimeni aus dem Meere empor, an einer Stelle, welche vorher 400 Fuß Tiefe gehabt hatte. Diese neue Insel erreichte allmälig eine Meile im Umfang, indem aus dem zum Kochen erhitzten Meere stets neue schwarze Felsen hervortauchten. Endlich am 18. Juni 1709 warf der so gebildete Krater vulkanische Asche, glühende Steine, Feuer und Rauch aus und selbst 1712 war die Thätigkeit desselben noch nicht ganz erloschen. Seit 1800 hebt sich der Meeresgrund zwischen Mikro-Kaimeni und Santorin, so daß da, wo ehemals 90 Fuß tiefes Wasser war, jetzt fast die Oberfläche erreichende, den Schiffen gefährliche Felsen starren. Allmälig wird hier die seit Jahrtausenden wirkende vulkanische Thätigkeit sich einen bleibenden Ausweg über Wasser bilden; es wird inmitten des Golfes von Santorin ein Vulkan entstehen, wie der von Barren-Eiland.

An andern Orten gestaltet sich die vulkanische Kraft anders. Aus dem Meere treten plötzlich Rauchsäulen, durchzuckt von Blitzen, gemischt mit Schauerregen von glühender Asche und Lavastücken, welche zurück fallend allmälig einen über das unruhige Meer hervorragenden Aschenkegel bilden. Inmitten dieses Kegels tobt dann die vulkanische Kraft, siedende Wasserstrahlen werden hoch emporgeschleudert und springen fontainenartig gen Himmel. Nebenstehende Fig. 82 stellt einen solchen im Jahre 1811 in der Nähe der Azoreninsel St. Michael erfolgten untermeerischen Ausbruch dar.

Ein anderes Ereigniß der Art ist das von vier Deutschen, Friedrich Hofmann, Dr. Philippi, Dr. A. Schulz und Escher von der Linth, genau beobachtete, im Jahre 1831 zwischen Sicilien und Afrika vorgekommene, welchem die nach einigen Monaten wieder verschwindende Insel Ferdinandea ihre Entstehung verdankte.

Nach einigen am 28. Juni und 2. Juli 1831 wahrgenommenen schwachen Erdstößen beobachtete man am 8. Juli, daß sich etwa 5 Meilen von Sciacca auf Sicilien das Meer unter donnerähnlichem Getöse auf einer Stelle an 200 Fuß hoch in die Höhe hob. Die zehn Minuten lang aufsprudelnde Wassermasse war schwarz; es entwickelte sich aus ihr eine den Horizont einhüllende Rauchmasse. Alle 20 bis 30 Minuten wiederholte sich dies; das wogende Meer war weit und breit von unzähligen Fischleichen bedeckt. Nachts ward nur der Donner der Eruptionen, aber keine Feuererscheinung wahrgenommen. Erst am 24. Juli erhob sich eine, aus vulkanischer Asche und Lavastückchen aufgeschüttete, mit Krater versehene ringförmige Insel aus dem Meere, dessen Tiefe an diesem Punkte der Korallenbank Nerita vorher 102 bis 130 Fuß betrug. Aus dem Innern dieses Aschenkegels fuhren ununterbrochen sich drängende, in Kugeln geballte, blendend weiße Dampfmassen geräuschlos hervor und boten einen höchst malerischen Anblick dar. Alle 2 bis 3 Minuten stoben schwarze Aschen- und Schlackenauswürfe, durch diese, Schnee- oder Baumwolle-Ballen ähnlichen Dunstmassen und brachten sie zum starken Wogen, so daß die Insel, gänzlich unsichtbar, erst dann wieder

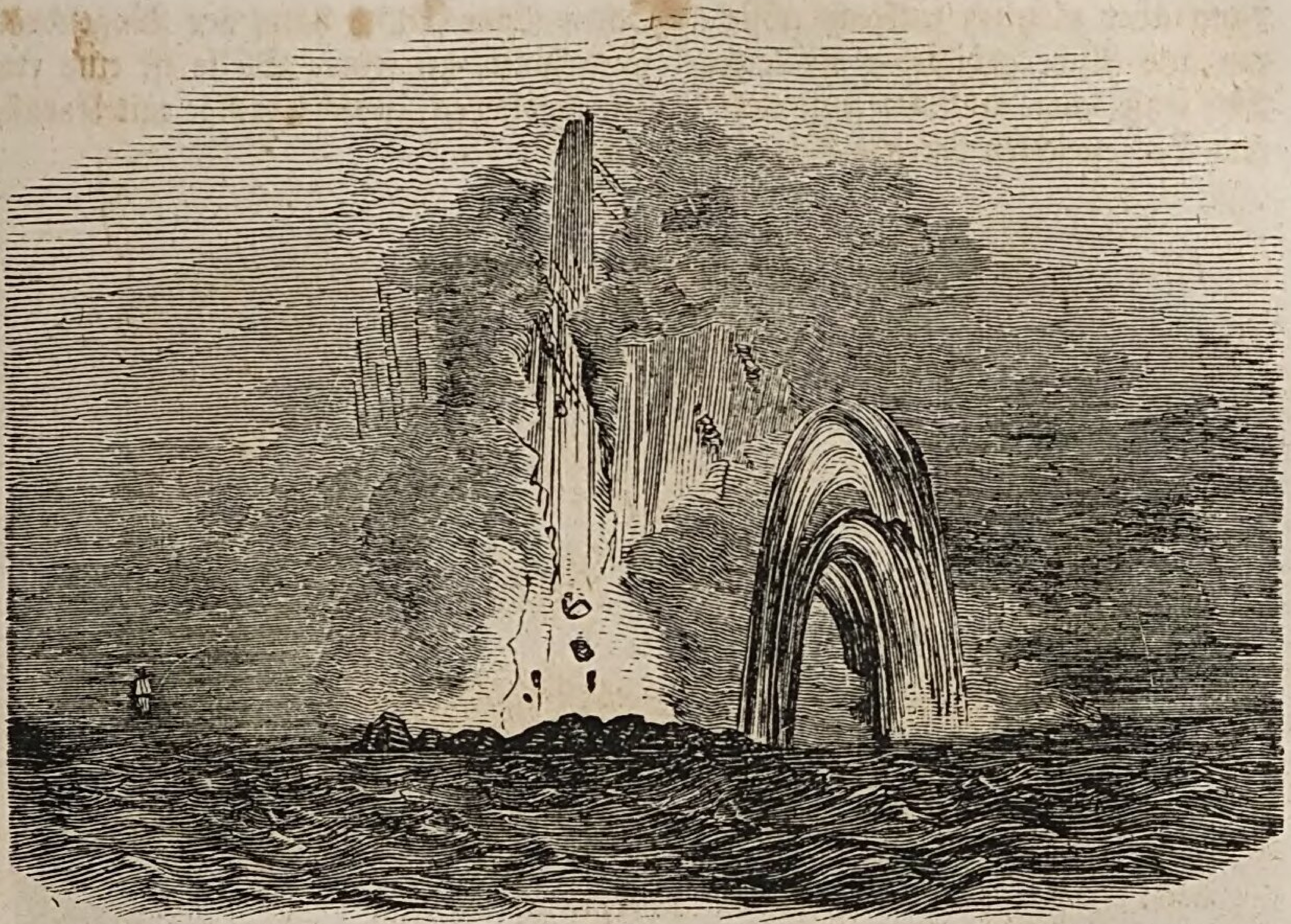


Fig. 82. Unterseeischer Vulkanausbruch bei der Azoreninsel St. Michael.

kenntlich wurde, wenn der Wind die Dämpfe zerstreute. Die Rauchsäule erreichte eine Höhe von 2000 Fuß; das den 6 bis 800 Fuß weiten Krater umgebende Meer war nicht erhitzt; es zeigte hier dieselbe Wärme wie in großer Ferne davon. Bald erhoben sich in heftiger Eruption bis 600 Fuß hoch emporgeschleuderte Schlacken-, Aschen- und Steinwürfe, welche, eine drohende Säule bildend, die aufgetriebenen Massen racketenartig rundum fallen ließen. Die niederstürzenden Auswürflinge vergrößerten zischend den Krater, während die weiße Dunstmasse wie eine silberne Krone über der Aschensäule schwebte. Frei schwebende, dem Krater nicht entsteigende zackige Blitze durchzuckten diese dunkle Aschensäule zuweilen. Jedem Blitze folgte rasch ein kurzer Donner, die Gesteinstücke prallten bei ihrem Wege auf und abwärts rasselnd aneinander; sonst war kein aus der Tiefe kommendes Getöse vernehmbar. Jene Blitze, welche wie die elektrische Entladung der Dampfkessel im Wasserdampfe entstanden, waren die einzige Feuererscheinung; dem Krater entstieg kein rother Lichtschein, wie dies beim Vesuv und Aetna der Fall ist. Die Insel, welche Ferdinandea genannt ward, konnte am 29. September 1831 betreten werden, sie bot das Bild dar, welches wir in Fig. 83 geben. Sie war kegelförmig und hatte ungefähr 2000 Fuß Umfang; ihr Krater stand mit dem Meere in Verbindung, war mit rothem Wasser erfüllt, aus dem brodelnd unentzündbare schweflig riechende Dämpfe entstiegen. Das Eiland stand auf einem gehobenen Meeresgrunde, welcher anfangs sich schwach nach außen neigte,

dann aber plötzlich senkrecht abfiel. Schon Ende 1831 hatte der Wogendrang den aus Asche gebildeten Kraterkegel fortgespült; an seiner Stelle ist eine etwa 240 Fuß lange und 10 Fuß tiefe Untiefe geblieben, welche zackige mit Korallen und Seegewächsen bedeckte Felsmassen trägt.

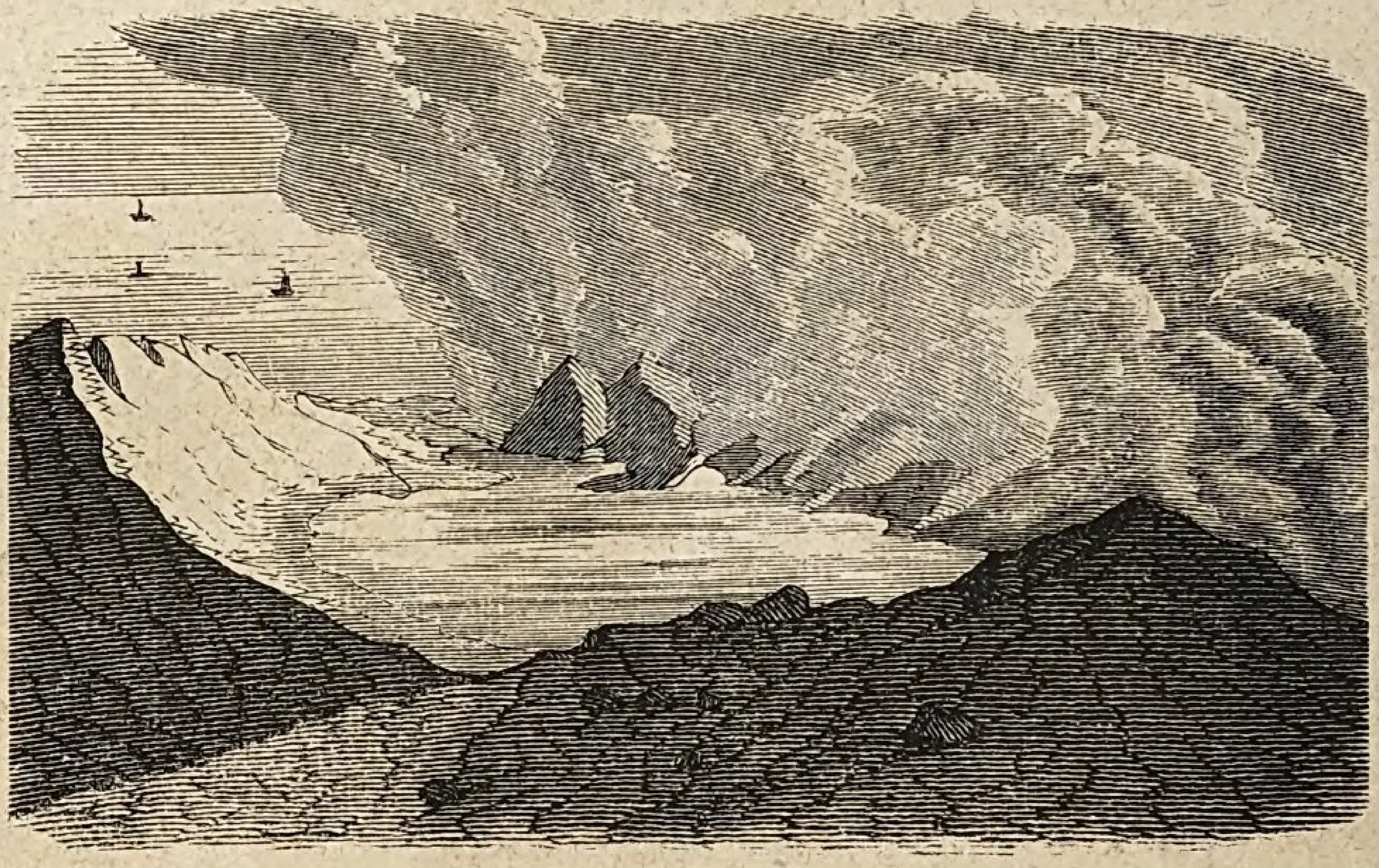


Fig. 83. Insel Ferdinandea.

Diese Beispiele mögen genügen, um die Erscheinungen, welche vulkanische Ausbrüche unter Meer begleiten, zu erläutern. Die bei solchen Gelegenheiten entstehenden Gesteine sind:

1. Unter Wasser geflossene Laven, zum Theil blasig, zum Theil dicht und glasig. Letzteres entsteht, wenn sich zwischen der obern vom Wasser bespülten Decke und dem Meeresgrunde spätere Ergüsse eindrängen, welche so gegen die rasche Abkühlung geschützt sind. Ins Wasser geworfene Schlacken und Glas lassen ganz dieselben Eigenschaften bemerken; auch sie sind im Innern dicht und nur an der Oberfläche porös. Diese unter Wasser geflossenen Laven sind oft körnig, nie in Säulen abgetheilt und wechseln mit Versteinerungen enthaltenden Kalk- und Tuffschichten ab.

2. Geschichtete, mit Versteinerungen versehene vulkanische Tuffe, entstanden aus den Auswürflingen der geöffneten Krater. Viele Basalte, Phonolithe, Trachyte und deren Tuffe und Conglomerate, manche Diabase, Diorite und Schalsteine scheinen ganz gleicher Entstehung zu sein, wie sich aus den mit ihnen vorkommenden Versteinerungen und Kalk- und Thonschichten schließen läßt.

Gehen wir nun zur Beschreibung der auf dem trockenen Lande beobachteten vulkanischen Ereignisse über.

Nur einmal in geschichtlicher Zeit ist ein neuer Vulkan auf dem Festlande entstanden, während mehrere, welche dem Anscheine nach erloschen waren, wieder in Thätigkeit kamen. Auf der Hochebene von Mexiko entstand in der Linie, welche

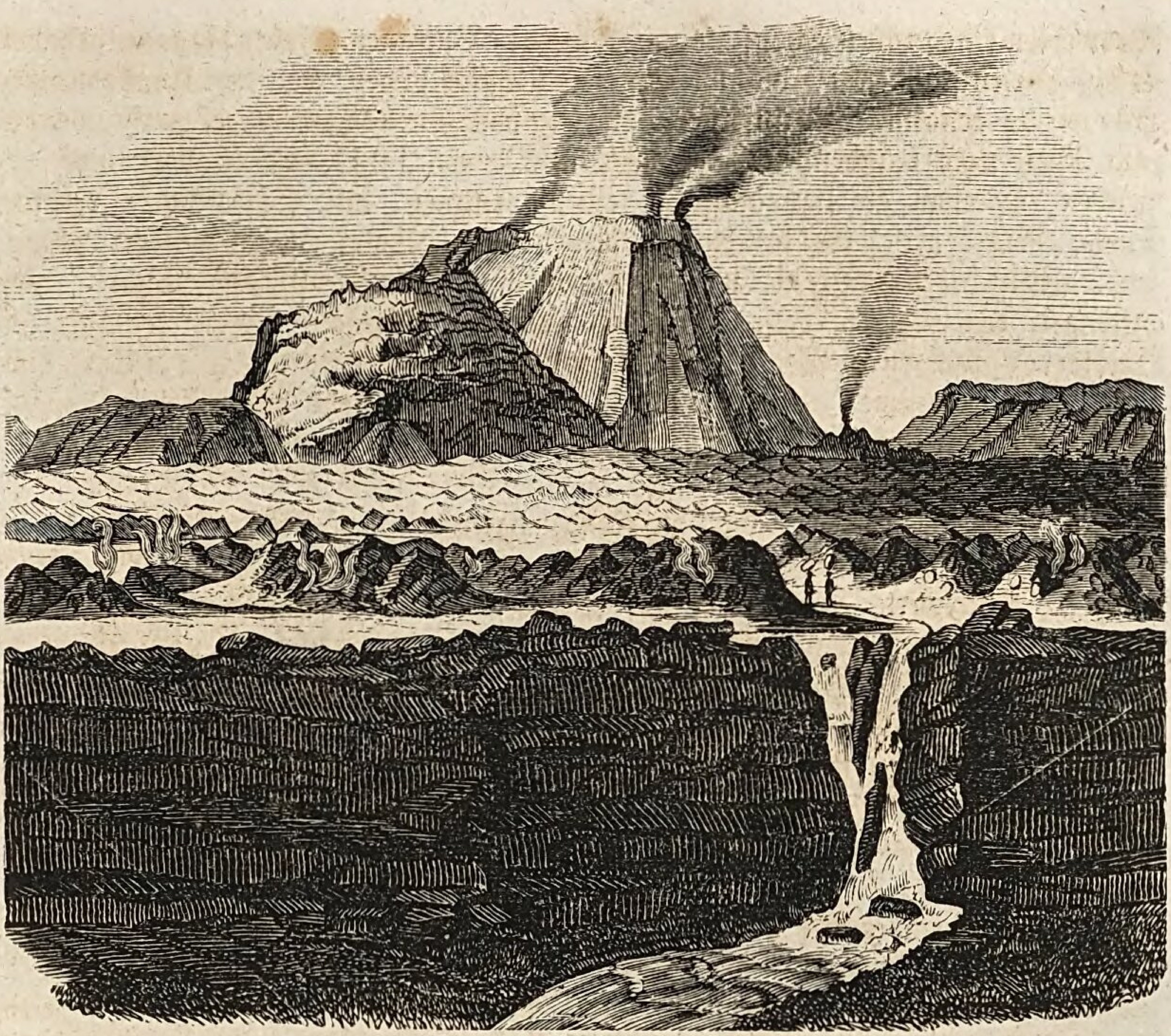


Fig. 84. Vulkan Jorullo.

sich vom Vulkane von Columa über den Popokatepetl, den Iztaccihuatl, nach Orizaba, Tuntla und dem Coffre de Perote hinzieht, am 29. September 1759 ein neuer Feuerberg.

Alexander von Humboldt war, als er 1803 jene Gegenden Amerika's besuchte, der Erste, welcher, nachdem er die dürftigen Ueberlieferungen über den 44 Jahre vorher entstandenen Berg gesammelt hatte, sichere Nachrichten über dieses Ereigniß nach Europa brachte. Sechzig Tage vor dem Erscheinen des Berges wurde die fruchtbare, mit Plantagen bedeckte Gegend von heftigen Erdbeben heimgesucht; endlich am 29. September erhob sich der Boden auf einer etwa drei Quadratmeilen großen runden Fläche am Rande 20 bis 30 Fuß hoch senkrecht heraus, wölbte sich nach der Mitte, wie ein 500 Fuß hoher Schild, und barst endlich in einer langen Spalte auf. Ueber dieser Oeffnung, welche Steinbrocken, Thonmergel und Staub ausschleuderte, wuchsen rasch sechs Aschenkegel auf und erreichten 300 bis 600 Fuß Höhe. Der Staub- und Aschenfall war so groß, daß davon Bäume und Häuser erdrückt wurden. Den Kratern entstieg Rauch und ein heller Feuerschein. Die Flüsse Quitimba und San Pedro, welche vorher die Ebene bewässert hatten, stürzten in die Spalte und bewirkten das

Auswerfen eines zähen Thonschlammes aus den Vulkanen. Ueber die ganze gehobene Fläche hin entstanden 10 bis 12 Fuß hohe Basalthügel, von den Umwohnenden, Hornitos genannt, auf unserer Abbildung jene, die höheren Kegel umsäumenden, zum Theil noch rauchenden Hügelchen, aus denen saure und Wasserdämpfe entweichen, wodurch die Lavamasse zu einem braunen, mit Basaltkugeln erfüllten Thone geworden ist. Endlich entstieg dem höchsten Krater ein zähflüssiger, schlackiger, basaltischer Lavastrom, welcher Olivin und Syeniteinschlüsse enthält. Jetzt entsteigen den Kratern dieses Vulkans nur noch schwache Schwefeldämpfe; die Hornitos sind durch Regen und Pflanzenwuchs geebnet; die in die Erde dringenden Flüsse kommen aber in einiger Entfernung als sehr heiße Schwefelquellen wieder zum Vorschein. Die Erde besitzt demzufolge im Innern noch immer einen bedeutenden Grad von Hitze.

Der Vesuv in der Nähe von Neapel hatte bis zum Jahre 79 nach Christo die Gestalt eines regelmäßigen Kegels, dessen Spitze abgestutzt und nach der Mitte etwas vertieft war. Man hielt ihn keineswegs für einen Vulkan; er war bis in seine Spitze hinauf bebaut und mit Obstgärten bedeckt; an seinem vom Meere bespülten Fuße lagen die volkreichen Städte Pompeji und Herkulanum, nebst Stabiä.

Im Jahre 63 begannen Erdbeben die Gegend zu verwüsten, die Erschütterungen wiederholten sich, wurden im Jahre 79 sehr zahlreich und endigten am 24. August desselben Jahres mit einem Ausbruche des Vesuvs, über welchen uns der jüngere Plinius, ein römischer Naturforscher, der sich mit seinem Oheim, dem Admiral Plinius, in der Nähe befand, eine genaue Schilderung hinterlassen hat. Der ältere Plinius büßte bei dem Versuche, die Erscheinung in der Nähe zu studiren, sein Leben ein.

Ueber dem Vesuve erhob sich, einer Pinie gleich, eine ungeheure schwarze Rauchmasse, welche unter Blitz und Donner nach Süden zog und die ganze Umgegend mit dicken Aschenlagern und Lavabruchstücken überschüttete. Die Aschenausbrüche waren begleitet von heftigen Regenschauern, die an den Gehängen des Berges Schlammströme zusammen spülten und über die Ebene ergossen. Dabei bebte der Boden unaufhörlich, und die fallende Staubmasse war so dicht, daß das Sonnenlicht verdunkelt wurde. Das Meer schlug hohe Wellen und schwankte hin und her. Die ganze Umgegend ward verwüstet, der Aschenregen bedeckte alles Land, die Schlammströme drangen in das Innere der Wohnungen ein und erfüllten alle Räume derselben vollständig. Auf diese Weise wurden außer vielen andern kleinern Orten die Städte Herkulanum, Pompeji und Stabiä unter 12 bis 100 Fuß mächtigen Schlamm- und Aschenmassen begraben, nachdem deren Bewohner zum größten Theile entflohen waren.

Lavaergüsse scheinen damals am Vesuve nicht vorgekommen zu sein, nur jene verheerenden Aschenauswürfe und Schlammströme; das Meer ward um weite Strecken zurückgedrängt und förmlich ausgefüllt, so daß jetzt der verschüttete Hafen von Pompeji eine Meile tief im Lande liegt. — Wir kommen im Verlaufe auf jene Aschen- und Tuffschichten zurück und wenden uns zu der Beschreibung der fernern Thätigkeit des Vesuvs.

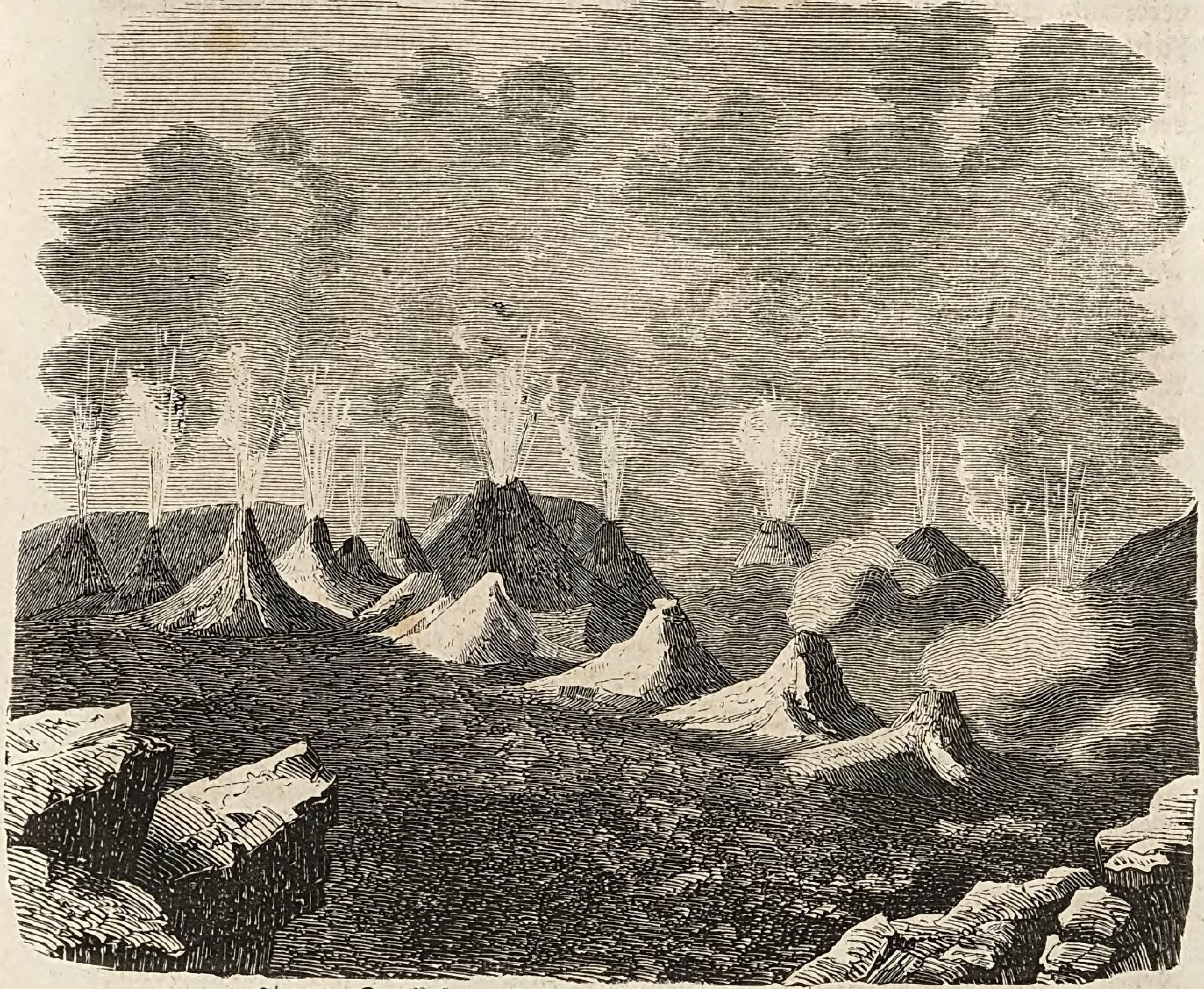


Fig. 85. Der Vesuv nach einer Zeichnung von Abich im Jahre 1843.

Dieser Feuerberg ist seit dem Jahre 79 in fast ununterbrochener Bewegung; sein Krater stößt immerwährend Wasserdampf, Schwefel, Schwefelwasserstoff, schweflige Säure und Chlor, sehr oft auch Asche, Schlackenstücke und Lava aus. Zu Zeiten, wo flüssige Lava den Krater des Vulkans erfüllt, wird den stets aus der Tiefe aufsteigenden Wasserdämpfen ein schwer zu überwindender Widerstand entgegengesetzt; die Dämpfe nehmen dadurch eine hohe Spannung an, überwinden endlich den Druck der Lavasäule, durchbrechen sie und schleudern Bruchstücke derselben bis an die Wolken hinauf. Gleichzeitig zersplittert aber der mit Heftigkeit entweichende Wasserdampf die Lava zu einem krystallinischen Staube, die vulkanische Asche, welche den Dampfströmungen hoch in die Luft folgt. Sehr oft besteht die Asche aus unzähligen kleinen Augit-, Leuzit- und Glimmerkrystallen; diese Krystallisationen müssen also in der flüssigen Lava des Kraters schon vorgebildet und ausgeschieden worden sein; der Wasserdampf ergriff sie und schleuderte sie aufwärts. Wir können diesen Hergang durch ein kleines Experiment verdeutlichen. Nehmen wir etwas Kreide in ein gewöhnliches Wasserglas, und gießen

verdünnte Salzsäure darüber, so sehen wir alsbald eine rasche Entwicklung von Luftbläschen (Kohlensäure), welche am Spiegel der Flüssigkeit angekommen, zerplatzen und feinen Wasserstaub in einer kegelförmigen Garbe in die Höhe schleudern. Oder wir glühen gemahlenen Gyps auf einer Blechtafel, wobei wir bemerken, daß das an den Gyps gebundene, von der Hitze ausgetriebene Wasser ein Aufstäuben des Gypspulvers veranlaßt; nach dem Zurückfallen des aufwärts geschleuderten Pulvers entstehen kleine Kegel mit Kratervertiefungen. In beiden Fällen wirkt das entfesselte Gas oder verdampfende Wasser auf die von ihm durchstrichenen Stoffe ebenso fortschleudernd, wie der aus dem Krater entweichende Wasserdampf auf die Lava; nur ist in letzterem Falle die Kraft von weit beträchtlicherer Stärke. Ist der Krater des Vulkans nach einem Ausbruche trichterförmig eingesunken, haben sich herabgerollte Theile des Aschenkegels auf seinem Boden angehäuft, so werden diese bei der nächsten Eruption als Staub mit in die Höhe geführt. Zuweilen erreicht die Gewalt der aufsteigenden Dämpfe eine solche Höhe, daß sie Theile des früheren Aschenkegels hinwegsprengt, wodurch denn die Menge der bei einer solchen Eruption fallenden Asche beträchtlich vermehrt werden muß.

Wenn der Vesuv längere Zeit nur Dämpfe aus Spalten aushauchte, sich darauf der Kraterboden hebt und anschwillt, so steht ein Ausbruch bevor. Allmälig öffnen sich Spalten auf dem Boden, über welchen sich, wie in Fig. 85, zahlreiche kleinere und größere Eruptionskegel ansiedeln. Aus allen diesen Kegeln entweicht mit zischendem Geräusche Dampf, der des Berges Spitze mit einer dunkeln Wolke umlagert. Manche dieser Kegel beginnen zu glühen, aus ihrer obern Mündung werden leuchtende Schlackenbruchstücke emporgeworfen und endlich fließt nach einer mäßigen Erderschütterung aus ihrer obern Oeffnung eine zähe Schlackenmasse über. Die Lava auswerfenden Kegelchen vermehren sich allmälig; der Krater erscheint bedeckt mit rothglühenden fließenden Schlacken. Die umstehende Abbildung stellt ihn in diesem Zustande dar. Nun wird das donnerartige Getöse im Innern des Berges lauter und häufiger, mit einem furchtbarem Knalle springt schließlich der Krater auf und füllt sich bis an den Rand mit glühender Lava. Aschenauswürfe, Ausschleuderungen von gewaltigen Lavastücken, welche in der Höhe prasselnd zerplatzen oder durch die Schwungkraft in Kegelform gedreht werden, sind verbunden mit dem Aufsteigen sich rasch folgender Wasserdampfkugeln. Blitze durchleuchten die Dampf- und Aschenwolke, welche wie eine hohe, einen mächtigen Schirm tragende Säule über dem Berge steht. Der Sturmwind faßt die emporgeschleuderten Stoffe und trägt sie über Land und Meer; die Wasserdämpfe verdichten sich und bilden heftige, wolkenbruchartige Regengüsse, die den auf die Berggehänge gefallenen Lavastaub zu verheerenden und alles begrabenden Schlammströmen fortreißen. Ein solcher Schlammstrom bedeckte am 27. Oktober 1843 Massa und St. Sebastian, füllte die Straßen und mehrere Häuser und erstickte eine Anzahl der Bewohner jener Orte. Endlich, will die Lava, deren rother Widerschein die Rauch und Dunstmassen bei Nacht feurig beleuchtet, an der tiefsten Stelle der Kraterwand überfließen, da bersten die Seiten des Berges und einem Springbrunnen gleich entströmt der Oeffnung das feuer-

flüssige Gestein. Die Oeffnung wird weiter und weiter, die Lava wird zum reißenden Strome und nähert sich, Felsen einschmelzend, alles um sich her versengend, der Ebene. Sie erkaltet an der Oberfläche und an den Rändern; der innere bewegliche Theil schwillt, von der nachschiebenden Masse getrieben, zu einem mächtigen Tropfen an. Dann bersten die Krusten und rauhe Trümmer vor sich und neben sich schiebend, stürzt der glühende Erdfluß weiter, bis er endlich nach Tagen oder Wochen erkaltet und erstarrt stehen bleibt.

Solche Lavaströme brechen zuweilen in, auf ihrem Wege liegende bewohnte Orte ein. Es flossen 1737 und 1794 wiederholt Lavaströme durch die Straßen von Torre del Greco, zerstörten Häuser, verglasten deren Mauern und tödteten viele Menschen. Auch der Ort Bosco tre Case ward 1834 in ähnlicher Weise heimgesucht. Die Lavaströme finden zuweilen in größerer Entfernung vom Krater am Fuße des Berges einen Ausgang und fließen in ansehnlicher Breite dahin; sie dämmen, indem sie Thäler durchfließen, Flüsse ab und stauen sie zu Seen an; sie stürzen sich ins Meer und bilden darin Vorgebirge. Wenn die Schlackenausströmung nachläßt, so bemerkt man um die Ausflußstelle zuweilen Kegel aus rauhen Schlacken aufgethürmt, wie Fig. 86 einen solchen zeigt. Von diesen abwärts liegen auf den steileren Gehängen des Berges nur einzelne in die Länge gezogene blasige Schlackenschollen umher; weiter unten mehren sich diese Schollen und sind mit Schlackenglas vermischt; endlich in den tiefern Regionen sammeln sich die am längsten flüssig bleibenden Schlacken und bilden zusammenhängende Platten, welche bei der Erkaltung in ihrem Innern öfters säulenförmige Struktur annehmen. Die Lava besitzt eine so große Hitze, daß in sie eingetauchte Metalle,



Fig. 86. Eruptionsschlackenkegel.

wie Kupfer, Bronze und selbst Eisen, schmelzen; sie erkaltet sehr langsam und haucht dabei die Wasserdämpfe aus, welche sich mit ihr mischten, als sie im Krater emporgehoben wurde.

Der Inhalt der Lavaströme ist häufig sehr groß. Der Lavastrom, welcher Torre del Greco 1794 zerstörte, mißt 17,500 Fuß in der Länge, 2000 Fuß in der Breite und 40 Fuß in der Dicke; er hat einen Inhalt von 457 Millionen Kubikfuß. Da sich gleichzeitig mit ihm ein halb so großer Lavastrom auf einer andern Seite des Berges ergoß, so lieferte ein einziger Ausbruch einen Gesteinswürfel von 882 Fuß Länge, Breite und Höhe, einen wahren Berg. Die ausgeschleuderte Asche ist dabei nicht berücksichtigt; ihr Rauminhalt darf doppelt so groß angenommen werden. Der Lavastrom, welcher 1804 dem Vesuv entquoll, ist 18,300 Fuß lang, 1600 Fuß breit und 30 Fuß dick; der von 1805 sogar 21,100 Fuß lang. Der große Lavastrom, welcher 1669, vom Aetna gegen Catania hin stürzend, das Meer erreichte, ist sogar 2 geographische Meilen lang und $^3/_4$ Meilen breit. Die kanarische Insel Lancerote ward 1730 durch einen 3 Quadratmeilen großen Lavastrom bedeckt, und auf der Insel Island lieferte der Skaptar-Jökul im Jahre 1783 drei übereinander liegende Lavaströme, welche einen See ausfüllten. Sie sind 100 Fuß dick, 10 bis 12 Meilen lang und 2 bis 4 Meilen breit.

Man kann sich daraus eine Vorstellung von der ungeheuern Masse Lava bilden, welche ein Vulkan im Laufe der Jahrhunderte ausströmen kann, und es darf uns deshalb nicht in Verwunderung setzen, wenn wir in der Nähe alter Vulkane Basaltlavaströme sehen, die 40 und mehr deutsche Quadratmeilen Fläche überdecken. Wenn die Lava sich ergießt, so mäßigen sich die mit jedem vulkanischen Ausbruche verbundenen Erdbeben, weil die unterirdisch entwickelten Dämpfe nun einen ungehinderteren Ausgang in die Luft finden; es folgen heftige, von Donnergetöse begleitete Dampf- und Aschenauswürfe, selbst hoch auflodernde Flammenausbrüche; allmälig mäßigt sich die Thätigkeit und sinkt schließlich zur scheinbaren völligen Ruhe zurück.

Der Aetna auf der Insel Sicilien ist der höchste Vulkan in Europa; sein Gipfel ragt 10,200 Fuß über das Meer empor und glänzt den größten Theil des Jahres im Schneegewand. Dieser Vulkan hat keinen Erhebungskrater wie der Vesuv; sein erhabener Auswurfskrater steht inmitten einer großer Anzahl kleinerer, von welchen sich auf allen Seiten Lavaströme nach der Tiefe senken.

Der Aetna ist seit undenklichen Zeiten thätig; seine Ausbrüche kannten schon die alten Griechen und Phönizier. Die von ihm gelieferten Tuffmassen sind theils mit Meeresbewohnern erfüllt, also zu Zeiten entstanden, als der Berg seine jetzige Höhe noch nicht besaß, theils sind sie auf dem Festlande angehäuft worden. Die aus ihm geflossene Lava ist von der vesuvischen verschieden, dem Basalte ähnlich, während letztere öfters Leuzit enthält. Die Erscheinungen bei seinen Eruptionen stimmen im Allgemeinen mit denen am Vesuve überein; die Lavenergüsse erfolgen jedoch häufiger in größerer Entfernung vom Krater und sind verheerender. Wenn sie in den höheren Berggegenden stattfinden, wenden sie sich oft

gegen ein gewaltiges Felsenthal, das Val del Bove, und verschwinden in demselben. Allmälig wird dieser Schlund mit einer hohen und dicken Lavamasse erfüllt werden. Die nachstehende Abbildung giebt eine landschaftliche Ansicht des obern Theiles des Aetna.



Fig. 87. Der Aetna.

Die zwischen Sizilien und dem Vesuv im Mittelmeere liegenden liparischen Inseln Volkano und Stromboli haben in historischen Zeiten öfters vulkanische Ausbrüche gehabt; namentlich ist das kaum über dem Meeresspiegel erhabene Stromboli sehr thätig. Es besitzt den Hauptkrater der Inselgruppe, welche, wie auch das im Golf von Neapel liegende Ischia, nur aus Lava und vulkanischem Tuff besteht.

Wenn die Vulkane sich mitten zwischen Eis und Schnee erheben, wie auf Island, Kamtschatka u. s. w., so gesellen sich zu den Feuerausbrüchen, den Aschenauswürfen und Lavaergüssen noch ungeheure Ueberschwemmungen, hervorgehend aus der Schmelzung der die Auswurfskegel zu Zeiten der Ruhe bedeckenden Eisfelder und Gletschermassen. Hierdurch gewinnt die Erscheinung eine gesteigerte Furchtbarkeit; der Mensch erliegt den vereinigten Naturgewalten und erkennt zagend seine Ohnmacht.

Bei einem Ausbruche des Orefa-Jökul am 7. August im Jahre 1727 ward das Kirchspiel Sandfeld durch Wasser- und Schlammströme verwüstet, welche fast siedend in ungeheurer Flut dem Jökul entstürzten. Ein ganzes Stück des mächtigen Eisberges glitt wie geschmolzen in die Ebene herab, gewaltige Eisstücke wurden durch die Explosionen in die Höhe geschleudert und fielen entweder ins Meer oder auf die vorher fruchtbare Ebene. Aus mehreren Spalten fuhr Feuer und Bimssteinstaub, welcher die Gegend weit und breit bedeckte und unfruchtbar machte. Mit diesem Ausbruche war kein Lavaerguß verbunden; wie gewaltig aber andere Lavaausflüsse waren, die auf Island vorkamen, ist oben schon mitgetheilt.

Island ist reich an thätigen und ruhenden Vulkanen. Die ganze Insel besteht aus vulkanischen Aschen und Laven, von denen ein großer Theil unter Meer geflossen sind, was sich aus den zwischen ihnen liegenden Schichten von Treibholz und Meerschnecken beurtheilen läßt. Der mit den Vulkanen dieser Insel vergesellschafteten siedendheißen Quellen (Geiser) ist oben schon gedacht worden. Es bleibt nur noch einer vulkanischen Aeußerung zu erwähnen, welche, allen festländischen Vulkanen eigenthümlich, kaum an einem andern Punkte in bedeutenderer Entwicklung auftreten möchte, als auf Island. Es sind die Schlammvulkane (Salsen oder Schlammbrodel).

An tiefern Stellen des Landes treten aus Erdspalten mit zischendem Geräusche Wasserdämpfe hervor, wie solche dem geöffneten Ventile eines Dampfkessels entsteigen. Sie sind aber hier verbunden mit Schwefelwasserstoffgas, schwefliger Säure, mit Wasserstoff und Kohlensäure. Finden solche Gas- und Dampfausströmungen aus dem Boden eines mit Wasser gefüllten Beckens statt, so wird durch deren Einwirkung Lava und Tuff in einen blaugrauen Schlamm verwandelt, der, sich fest an den Boden legend, den Gasen den Ausweg versperrt. Diese sammeln und spannen sich, treiben endlich den Schlamm in hohen Blasen auf, aus deren platzendem Scheitel Schlamm und Wasser ausgeschleudert werden. Die Schlammpfuhle werden durch diese Gasausströmungen in brodelnder, aufwallender Bewegung gehalten. In ihnen gehen manchfaltige chemische Veränderungen vor sich; die Lava wird zu Thon umgewandelt; die aus der Tiefe steigenden Schwefeldünste bilden mit dem Kalkbestandtheile der Lava Gyps, welcher sich in Krystallen und Lagern ansammelt, mit dem Eisenoxyde derselben aber Schwefeleisen, welches sich dem Thone in staubfeinen Krystallen beimengt. Wenn durch Wasserrisse ein solcher Schlammpfuhl entwässert wird, so bleibt der Thon untermischt mit Gypslagern und Krystallblöcken zurück; er ist von den verschiedensten Farben, welche gewunden und gebändert nebeneinander liegen. Wo die Dämpfe und Gase aus trockenen Spalten austreten, zersetzt sich das Gestein, ohne daß es seine Struktur verliert. Trachyt und Basalt werden zu Thon; Ueberrindungen von Schwefel, Eisenglanz, Chloreisen und Kieselerdestaub sammeln sich an. In dem Gesteine, welches den Salsen zur Unterlage dient, gehen ebenfalls viele Umbildungen vor; es entstehen Zeolithe, welche sich in Blasenräumen ansammelnd die schönsten Mandelsteine darstellen.

Die Vulkane der südamerikanischen Andeskette, sowie die Mexiko's, besitzen wiederum Eigenthümlichkeiten, welche sie vor allen andern Feuerbergen auszeichnen. Sie ragen aus hoch über dem Meere liegenden Hochebenen steil und grade empor, wie Essen aus den Metallhütten, und führen eigentlich nur die Dämpfe und den Rauch in die Atmosphäre ab, während ihre Schlacken und Lavenausbrüche tief unten an ihrem Fuße oder vielleicht gar tief im nahen Meere erfolgen. Mehrere dieser wunderbaren, in die ewige Schneeregion hineinragenden, aber ihrer innern Hitze wegen fast immer mit schneefreien, schwarzen Spitzen dastehenden Berge wurden von A. v. Humboldt und andern Forschern bestiegen, wobei ihr Bau und ihre besonderen Eigenthümlichkeiten erkannt worden sind. Humboldt fand den 14,940 Fuß hohen Rucu-Pichincha bei Quito aus einer Trachytpyramide bestehend, welche aus einem Bimssteinmantel hervorragt. Bei der mühevollen Besteigung erreichte er einen altanartigen Felsblock, der über dem 12—1500 Fuß tiefen, fast senkrecht abstürzenden Krater hinausragte. Auf diesem liegend schaute Humboldt durch Spalten in die Tiefe hinab. Die Wände des ovalen, etwa 5000 Fuß weiten Kraters sind roth, gelb und buntfarbig gestreift; vom Boden desselben ragen halbverglaste Felszinnen aufwärts, an deren Fuße bläuliche Schwefelflammen brennen. Die Ausdünstungen des Kraters bestehen aus Wasserdampf, gemischt mit schwefliger Säure; sie treiben Bimssteinstaub und kleine Lavabröckchen vor sich her. Bei heftigern Auswürfen, denen immer Erdbeben vorausgehen, werden oft große Schlackenbrocken ausgeschleudert, welche auf den steilen Ausbruchkrater fallend und daselbst herunterrollend, für Lavaströme gehalten wurden, was sie jedoch keineswegs sind. Der Carguirazo in Quito ist jetzt ein mittelhoher, abgestumpfter Kegel; seine erhabene Spitze brach 1698 bei einer heftigen Eruption zusammen und verschwand. Alsbald stürzten Schlammströme aus den geöffneten Spalten, richteten unermeßliche Verherungen an und raubten vielen hundert Menschen das Leben. Dieser Schlamm, aus einem zersetzten Labradoritgesteine bestehend, enthielt viele kieselschalige Diatomeen und zahllose Fische, unterirdische Seen bewohnende Pimeloden aus dem Geschlechte des Wels, deren Verwesung pestilentialische Ausdünstungen hervorbrachten. Solcher Schlamm wird von den Umwohnenden Moya genannt, und ist wol ein Gemisch des in Höhlen am Fuße des Berges vorhandenen Wassers und der vulkanischen Asche, die sich oberflächlich angehäuft hatte. Auch der Cotopari in Quito veranlaßte 1742 eine verheerende Schlammflut, welche indessen entstand, als die am Berge angehäuften Schneemassen bei einem Ausbruche plötzlich schmolzen und auf ihrem Wege in das Thal die längst angehäuften Aschen mit sich fortrissen. Es ist unser Zweck nicht, die Zahl der gewaltigen vulkanischen Ausbrüche hier in ihrer Vollständigkeit zu erschöpfen; wir gedenken schließlich nur noch des gewaltigen Kraters Kilauea auf Hawai in der Südsee, den Fig. 89 darstellt.

Am Abhange jenes Berges entsteigt einer Spalte siedender Wasserdampf, welcher sich an der kältern Atmosphäre verdichtet und einen Süßwassersee speist. Weiter oben öffnet sich der zwei Meilen im Umfange haltende, unregelmäßig eirunde Krater, auf dessen 1000 Fuß tiefer liegendem Boden sechs große Feuerseen

sich ausbreiten. Der glühende Lavainhalt dieser Seen wogt auf, es spritzen fontänenartig Lavastrahlen aus ihm empor und bilden beim Erkalten Schlackenrohre, wie das in beistehender Abbildung dargestellte. Die Lava der wogenden Feuerseen erstarrt zuweilen oberflächlich und nimmt eine dunkle Farbe an; alsdann brechen aufwärts strebende Dämpfe diese Decke, schwarze Schlackenschollen heben sich ab, es entstehen wieder kleine Eruptionskegel, aufsteigende Lavasäulen ergießen ihre glühende Substanz über den festern Boden, und endlich strahlt wieder die ganze Masse in hellleuchtender Glut. Donnerrollendes Getöse erschüttert dabei den Berg. Im Sommer 1840 strömte aus dem Abhange des Vulkanes, anderthalb Meilen vom Krater entfernt, ein 10 Meilen langer, 1 bis 2 Meilen breiter Lavastrom ins Meer; er bildete Hügel von 120—250 Fuß Höhe und ein 2000 Fuß ins Meer ragendes Vorgebirge.



Fig. 88. Eruptionsschlackenkegel.

Die Anzahl der jetzt auf Erden bekannten thätigen Vulkane beträgt 170. Alle, bis auf zwei in Hochasien, deren Verhältnisse jedoch noch wenig bekannt sind, liegen dem Meere nahe, keiner über 50 Meilen entfernt, die meisten auf Inseln und mitten im Meere. Hieraus schon und aus den unermeßlichen Wasserausdünstungen, welche alle vulkanischen Ausbrüche begleiten, ergiebt sich der Schluß, daß das Wasser eine wichtige Rolle bei den vulkanischen Erscheinungen zu spielen hat. Die vielen ausgebrannten, jetzt tief im Lande liegenden Vulkane Hessens, Nassaus, der Eifel, Böhmens, Frankreichs u. s. w. standen, als sie glühten, wie sich aus den Schichten erkennen läßt, welche mit ihren Laven und Tuffe vergesellschaftet sind, in der Nähe der damals tief in jene Länder eindringenden Meerbusen. Diese Thatsachen führen uns zu der Erklärung der vulkanischen Thätigkeit. Bei Zusammenstellung der über Erdwärme angestellten Beobachtungen gelangten wir zu der Gewißheit, daß der Erdkörper im Innern eine weit höhere Temperatur besitzt, als an der Oberfläche, daß also eine eigenthümliche Wärmequelle im Innern desselben vorausgesetzt werden müsse. Gewiß ist, die Laven beweisen dies, daß diese Erdwärme in größeren Tiefen eine Höhe erreicht, bei welcher wir an der Oberfläche die aus Augit und Labradorit bestehenden Gesteine im feurigen Flusse sehen. In solchen Tiefen lastet aber ein ungeheuerer Druck auf diesen Massen, und es ist, nach dem Ergebnisse wissenschaftlicher Versuche zu urtheilen, unter diesen Umständen unmöglich, daß die Gesteine flüssig werden; sie sind hoch erhitzt, aber fest. Wenn durch Spalten und Risse Wasser zu diesen hoch erhitzten Massen gelangt, so wird es ebenfalls nicht sieden oder verdampfen, weil der hohe Druck ihm dies verwehrt; es wird glühend werden und sich mit jenen glühenden Gesteinen zu einem Teige verbinden, welcher nun seinerseits aufquellend in den Erdspalten aufwärts strebt. Sobald dieses Gemisch der Oberfläche der Erde näher gekommen ist, ändern sich die Druckverhältnisse. Das Wasser siedet nun und entweicht, sich plötzlich um das

Tausendfache seines ursprünglichen Rauminhaltes ausdehnend, alles vor sich hertreibend und zertrümmernd, nach der Oberfläche.



Fig. 89. Der Feuersee im Krater des Kilauea auf der Sandwichinsel Hawai.

Die Erdrinde erzittert und erbebt; sie spaltet sich und reißt auf, wie der explodirende Dampf den Dampfkessel sprengt. Die Wasserdämpfe schleudern Gesteinstaub und Felsstücke als Asche vor sich her und bahnen der Lava den Weg. Diese dringt nach, indem sich stets neue und neue Wasserdämpfe aus ihr loslösen; sie bleibt unter niederem Drucke der Oberfläche näher im feurigen Flusse; die entweichenden Dämpfe zertrümmern und zersplittern aber auch diese in ihre Bestandtheile und zerstieben sie als aus Krystallen bestehende vulkanische Asche. Wenn im Krater die Lavasäule hoch gespannt die Seiten des vulkanischen Kegelberges oder die in seiner Umgebung vorliegenden Spalten heftig preßt, so öffnen sich diese und es entquillt am Fuße des Vulkanes ein Lavastrom. Sobald sich die Lava entleert hat, und den tiefern Massen dadurch eine Erleichterung verschafft wird, entweicht aus dem Krater mit heftigem, donnernden Getöse nur Wasser und Staub; der Ausbruch ist beendigt und wiederholt sich, wenn abermals unter der Einwirkung von Wärme und Wasser eine hinreichend große Lavamasse in den Tiefen erzeugt ist.

Die Gesteine, welche Vulkane auf dem Festlande erzeugen, unterscheiden sich kaum von denen, die untermeerische Ausbrüche hervorbringen. Die Laven sind an der Oberfläche schlackig, tauförmig gewunden, öfters in Säulen zersprungen; die Tuffschichten enthalten nur in seltenern Fällen Versteinerungen und dann nur solche von Landpflanzen und Land= oder Süßwasserthieren, oder gar Kunstprodukte der Menschen.

1. Die Lava enthält bei ihrem Austritte aus dem Krater noch Wasser innigst beigemengt, und verliert dasselbe erst im Momente der Erstarrung gänzlich. Dieser Wassergehalt mag während der langsamen Erkaltung mächtiger Lavaströme mancherlei wasserhaltige Zeolithe und wasserfreie Silikate hervorbringen, welche in den Laven so häufig eingeschlossen sind. Während der Abkühlung zerspringen die meisten Laven in prismatische Stücke oder Säulen. Wo die Lava Spalten in andern ältern Gesteinen erfüllt, dient sie den durch vorhergegangene Hebungen zerborstenen Gebirgsstücken als Stütze und schützt sie vor dem Zurücksinken; sie gewinnt hierdurch eine große Bedeutung für den Bau der Gebirgszüge.

In allen jüngern und ältern Sedimentgesteinen treffen wir auf solche Gesteinsgänge, deren Ursprung aus der Tiefe vielfach nachgewiesen werden kann, und welche in ganz derselben Weise die Schichten durchweben, wie die vulkanischen Tuffschichten von neuesten Lavagängen nach allen Richtungen durchzogen sind. Hierher gehören Basalt=, Dolerit=, Phonolith=, Trachyt=, Melaphyr=, Diorit=, Felsitporphyrgänge und selbst Granit und Syenit.

2. Die Conglomerat= und Tuffschichten bestehen entweder aus Haufwerken kleinerer und größerer Krystalle des Augites, des Rubellanglimmers und des Labradorites, welche mit der Zeit durch verkittende Ausschwitzungen zu festen Gesteinen (Wacken) zusammensintern; oder sie enthalten außer diesen Mineralien noch Bruchstücke und Staub anderer Gesteine. In diesen Gebilden giebt sich alsbald eine rege chemische Thätigkeit kund. Aus der Umwandlung gehen verkittende Kalk= und Eisenmineralien, Kieselerde und Zeolith hervor, welche den Staub zu festern Schichten vereinigen.

Ein Beispiel aus neuerer Zeit bieten die mächtigen Tufflager, unter denen Pompeji und Herkulanum begraben liegen. In die Keller und innern Räume aller Gebäude dieser im Jahre 79 nach Christi Geburt durch den Auswurf des Vesuvs verschütteten Städte drangen Schlammströme ein und erfüllten alles bis auf die feinsten Fugen mit dem Gestein, so daß bei den seit einem Jahrhundert vorgenommenen Ausgrabungen die zierlichsten Formen von Kunstwerken und selbst von menschlichen Gestalten in den reinsten und vollkommensten Abgüssen aufgefunden werden. Beim Beginne des vernichtenden Ereignisses fielen bedeutende Aschenregen über die Städte und bedeckten alle freien Räume mehrere Fuß hoch mit feinem Staube wie Schneefall, alsdann aber müssen in Folge starker, vulkanischer Gewitter, oder selbst schlammiger Ergüsse aus dem Vulkane, Schlammfluten gegen die Städte gewälzt worden sein, welche sich durch den in den Straßen aufgehäuften Staub verdickten und in alle innern Räume eindrangen, wo sie die Menschen plötzlich, sogar in stehender Stellung überraschten und einhüllten.

In spätern Zeiten erhöhten sich durch neue Aschenauswürfe die über jene Städte aufgehäuften Tufflager; über Herkulanum ergoß sich selbst ein Lavastrom, den abermals Aschenschichten bedeckten. Zwischen den Tuffschichten werden Erdlagen mit zahllosen Landschnecken gefunden. So blieben die von den meisten Bewohnern verlassenen Städte verschüttet und vergessen, bis sie 1758 zufällig beim Brunnengraben entdeckt und dann zum Theil durch Bergbau wieder zugänglich gemacht wurden. Für den Geschichts- und Alterthumsforscher, sowie für den Kunstfreund haben die zahlreich aufgedeckten Schriftdenkmale, Geräthschaften, Wandgemälde und vieles andere einen unschätzbaren Werth; den Geologen zieht die Erhaltung von Pflanzen- und Thierstoffen besonders an. Das Holz ist nur oberflächlich mit einer braunkohlenartigen Kruste überkleidet; im Innern dagegen ist es noch frisch erhalten; auf Papyrusrollen sind die Schriftzeichen zum Theil überraschend deutlich; manche in Gefäßen eingeschlossene Stoffe, als Früchte und Fischroggen, sind in der Form noch kenntlich erhalten, während von Menschen und Thieren in dem Abgusse ihres Körpers nur die unverweslichen Knochen als Reste jener untergegangenen Welt aufbewahrt blieben. Eine nicht unbedeutende Anzahl Muschelschalen besitzen noch Farbe und Glanz.

Diese Thatsachen geben den klaren Beweis an die Hand, daß in trockenen Schichten eingebettete Vegetabilien sich Jahrtausende hindurch erhalten und nur sehr langsam zu Kohle werden, daß zu diesem Umwandlungsprozesse noch andere Hülfsmittel, namentlich das Wasser, erforderlich sind; denn wir sehen in feuchte Erde eingebettete Holzstücke schon in kürzerer Zeit sich in eine bituminöse Substanz verändern.

Die Moya der südamerikanischen Feuerberge, deren Ausbrüche so verheerend aufzutreten pflegen, ist im Wesentlichen nichts anderes als dieser vulkanische Tuff; nur die durch Schlammvulkane hervorgebrachten Thon- und Gypsschichten unterscheiden sich ebenso in der Art ihrer Bildung als auch im Stoffe von ihnen; letztere sind die bei der Auflösung vulkanischer Gesteine durch siedendes Wasser und Säuren verbleibenden Rückstände.

So lange vulkanische Thätigkeit auf Erden herrscht, haben sich auch Tuff- und vulkanische Conglomeratschichten entwickelt; wir finden sie verbunden mit den Basalten, Phonolithen, Trachyten, Porphyren, Melaphyren und Dioriten, und immer in derselben Weise als Unterlage von Lavaströmen dieser eruptiven Gesteine oder mit ihnen abwechselnde Lager bildend. Die Wahrnehmung dieser Uebereinstimmung berechtigt uns zu der Voraussetzung: die vulkanischen Ereignisse seien zu allen Zeiten in derselben Ordnung und in gleicher Weise vorgegangen wie heutiges Tages. Im Verlaufe der Jahrtausende von Jahrtausenden haben indessen die ältern Ablagerungen derart sehr durch Zersetzung, Abnagung und Fortspülung gelitten, so daß sie uns jetzt von weit geringerem Umfange erscheinen, als die neuesten noch weniger zerstörten vulkanischen Tufflager.



Fig. 90. Erdbeben auf der Insel Guadeloupe.

C. Erdbeben.

Zuletzt bleibt uns noch übrig, einer Erscheinung zu gedenken, welche, allerdings weniger an der Bildung der Gebirgsmassen als an der Veränderung ihres Baues Antheil nehmend, mit der Erdwärme im Zusammenhange zu stehen scheint; es ist die der Erdbeben. Die zitternde, wellenförmige Bewegung der Erdrinde, welche Erdbeben genannt wird, ist eine so häufig wiederkehrende, alle Gegenden der Erdoberfläche berührende Erscheinung, daß für sie eine tief in der Eigenthümlichkeit des Erdballes begründet liegende Ursache vorausgesetzt werden muß.

Die Erdbeben, obgleich sie alle vulkanische Ausbrüche begleiten, sind doch nichts weniger als an diese gebunden; sie ereignen sich in Gegenden, auf denen Vulkane nicht mehr vorhanden, sie sind unabhängig von vulkanischen Eruptionen und verbreiten sich über außerordentlich weite Strecken. Seit man die Erdbeben, welche sich in den von Europäern bewohnten Ländern jährlich ereignen, genauer beachtet, hat sich deren Zahl und Verbreitung als so ansehnlich ergeben, daß man zu der Annahme berechtigt zu sein glaubt: das Erdbeben für eine sich fast täglich, wenn auch in den entferntesten Gegenden wiederholende Erscheinung zu halten. Die genannten Erschütterungen sind mehr oder weniger heftig; sie gehen von einem Mittelpunkte aus und bewegen sich wellenförmig mit einer gewissen Schnelligkeit nach dem Umkreise, wobei sie an der Oberfläche der Erdkugel kreisförmige Aus=

schnitte, die Verbreitungskreise der Erdbeben, begrenzen. Diese Bewegung ist zu vergleichen mit der des Wassers, in dessen Mitte ein Fisch auftaucht. Der Spiegel des Wassers wird von jenem Punkte aus sich in kreisförmigen Wellen bewegen, die nach außen hin stets an Höhe abnehmen und endlich ganz verschwinden.

Ueber dem Mittelpunkte der Kreise wirkt das Erdbeben aufschleudernd, umkehrend, wie bei dem 1797 zu Riobamba stattgefunden, wo große Gestein- und Trümmermassen, sowie Leichen von Menschen und Thieren auf einen 300 Fuß hohen Hügel geschleudert wurden. In den nach dem Kreisumfange wellenförmig fortstreichenden Erschütterungen kann es nur eine umwerfende Kraft ausüben, welche Berge spaltet, Felsstürze bewirkt, Städte zu Trümmern stößt, Spalten öffnet und schließt, in denen bewohnte Orte, mit Allem was darinnen ist, ihr Grab finden. Es giebt kaum eine furchterweckendere Erscheinung als die des Erdbebens. Der Erdboden, den der Mensch gewohnt ist als das Feste zu betrachten, schwankt, Abgründe öffnen sich und verschlingen, was in ihr Bereich kommt, Berge zerfallen in Trümmer und das Meer bäumt sich zu Flutwellen auf, welche die Küsten mit unwiderstehlicher Gewalt abfegen. Grausenerweckendes Dröhnen und Rollen in der Erde begleitet diese Zerstörung, geöffnete Spalten speien Wasser, Schlamm und Rauch aus; der zagende Mensch findet keine Stätte, um der unterirdischen Gewalt zu entfliehen. Nachdem sich die Wuth des Ereignisses besänftigt hat, werden tiefe Spalten in der Erde bemerkt. Die Fig. 91 stellt solche Spalten dar; sie deuten nach der Tiefe hin und weisen uns an, ihre Entstehungsursachen daselbst zu suchen. Einzelne Theile der Oberfläche und der Meeresgrund wurden durch die Erdbeben höher gehoben als sie vorher lagen, andere wurden mit Allem, was sie bedeckte, mit Tausenden von Menschen tief in Schlünde versenkt, ewig mit Nacht bedeckt. Man ist gewohnt, das Grauen der Erdbeben nach der Anzahl von Menschenleben und nach dem Umfange der Zerstörungen, welche sie anrichteten, zu bemessen, und kann in dieser Beziehung eine Reihe von derartigen Ereignissen aufzählen, welche innerhalb weniger Minuten Hunderttausende von Menschen tödteten, viele der prächtigsten und reichsten Städte zertrümmerten, Berge stürzten und Erdstriche verschlangen. Unsere Fig. 90 giebt eine Versinnlichung des Erdbebens, welches Point-à-Pitre auf Guadeloupe am 8. Februar 1843 zerstörte und innerhalb 70 Minuten auf diesem kleinen Raume 6000 Menschen und den Fleiß vieler Jahre unter Schlamm, Schutt und Trümmer begrub.

Die Entstehung der Erdbeben ist von den Geologen in sehr verschiedenen Ursachen gesucht worden. Die Einen glauben das Zusammenbrechen ausgedehnter unterirdischer Höhlungen als eine Hauptveranlassung derselben voraussetzen zu dürfen. Es ist an sich klar, daß das Zusammensinken solcher Höhlungen, wenn sie überhaupt vorhanden sind, keine Bodenhebungen, wie sie bei Erdbeben so oft erfolgen, bewirken können. Der Erdbeben sind aber seit dem Bestehen der Erde und in historischen Zeiten so viele erfolgt, die Erscheinung ist eine so allgemein verbreitete, und sich so häufig wiederholende, daß solcher Höhlungen unzählig viele sein müßten. Ferner ist kaum denkbar, daß durch den Einsturz einer Höhle ein so großer Theil der Erdoberfläche erschüttert werden kann, als das

Erdbeben von Lissabon berührte, dessen Erschütterungskreis 720,000 Quadr.-Meilen umfaßte. Diese Gründe lassen sich gegen jene Ansicht geltend machen. Andere wiederum suchten den Grund der Erdbeben in der innern Erdwärme, welche, der Ausdehnung fähigen Wasserdampf plötzlich entbindend, dadurch, wie im zerberstenden Dampfkessel, zerstörende Erschütterungen der überliegenden Decke hervorruft. Der Sitz der Erdbeben liegt nach dieser Erklärungsweise sehr tief gegen das Innere des Erdkörpers hin und es ist dadurch der Umfang der Erschütterungskreise sehr wohl erklärt. Freilich bleibt dem Menschen, welcher die in jenen Tiefen herrschenden Verhältnisse nicht direkt festzustellen vermag, so Vieles dunkel, und so wird ihm auch noch für lange Zeit die eigentliche Ursache der Erdbeben unerforschlich sein. An der Gesteinbildung betheiligen sich die Erdbeben nur in untergeordneten Verhältnissen; selten und nur, wenn sie sehr heftig sind, bringen sie Schlamm- und Schuttlager von geringer Ausdehnung hervor. Desto bedeutender ist ihre Einwirkung auf den Bau der Gesteinschichten. Sie bewirken Zertrümmerungen, Spaltungen der Felsmassen und bereiten dadurch die Erz- und Mineralgänge vor; sie öffnen weitere Spalten im Gesteine, auf denen die eruptiven Gesteine, Laven, den Weg nach oben gebahnt finden. Der durch sie bewirkten Hebungen und Senkungen wurde im Vorhergehenden schon gedacht.

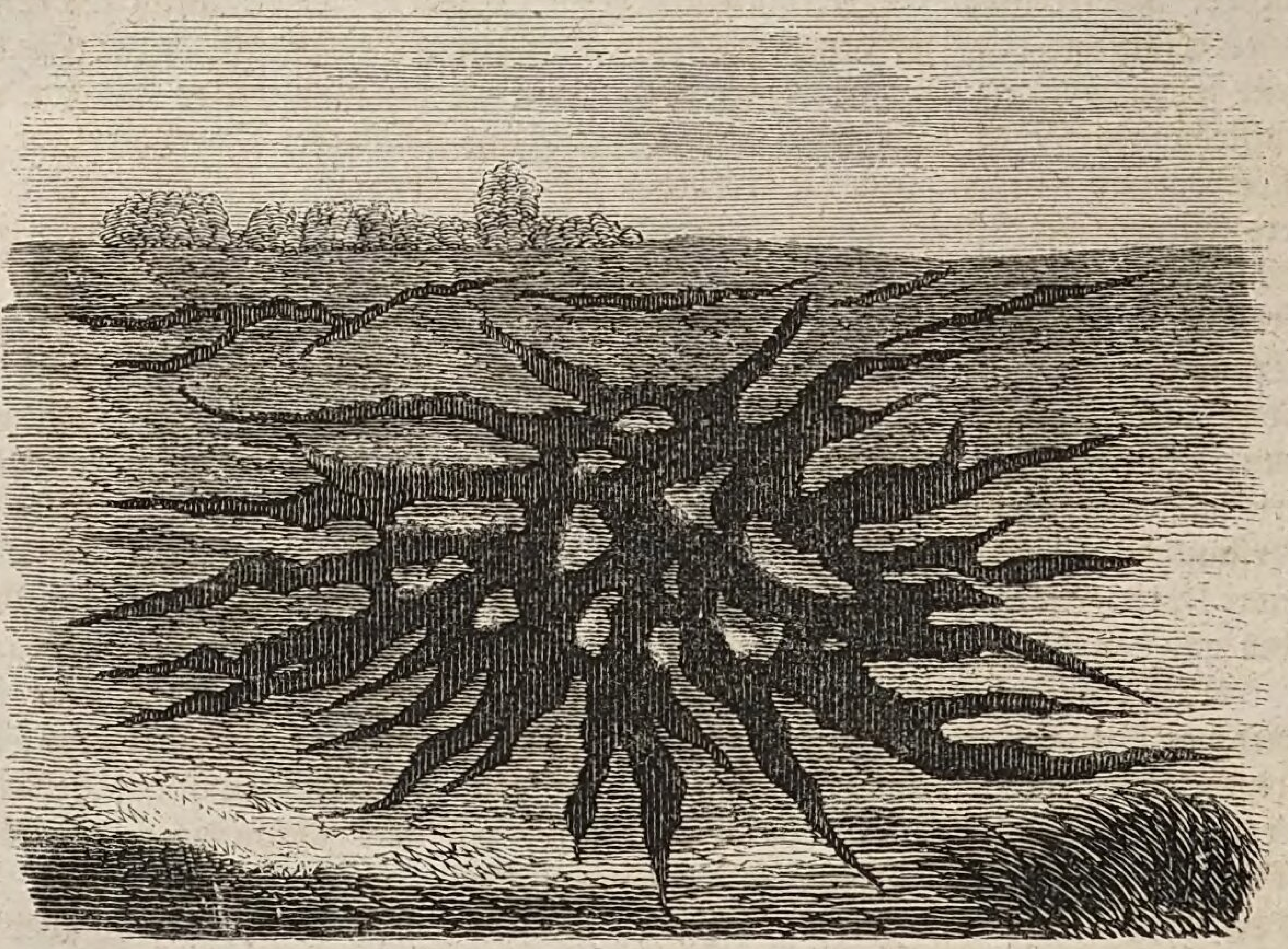


Fig. 91. Spalten, die sich durch Erdbeben erzeugen.

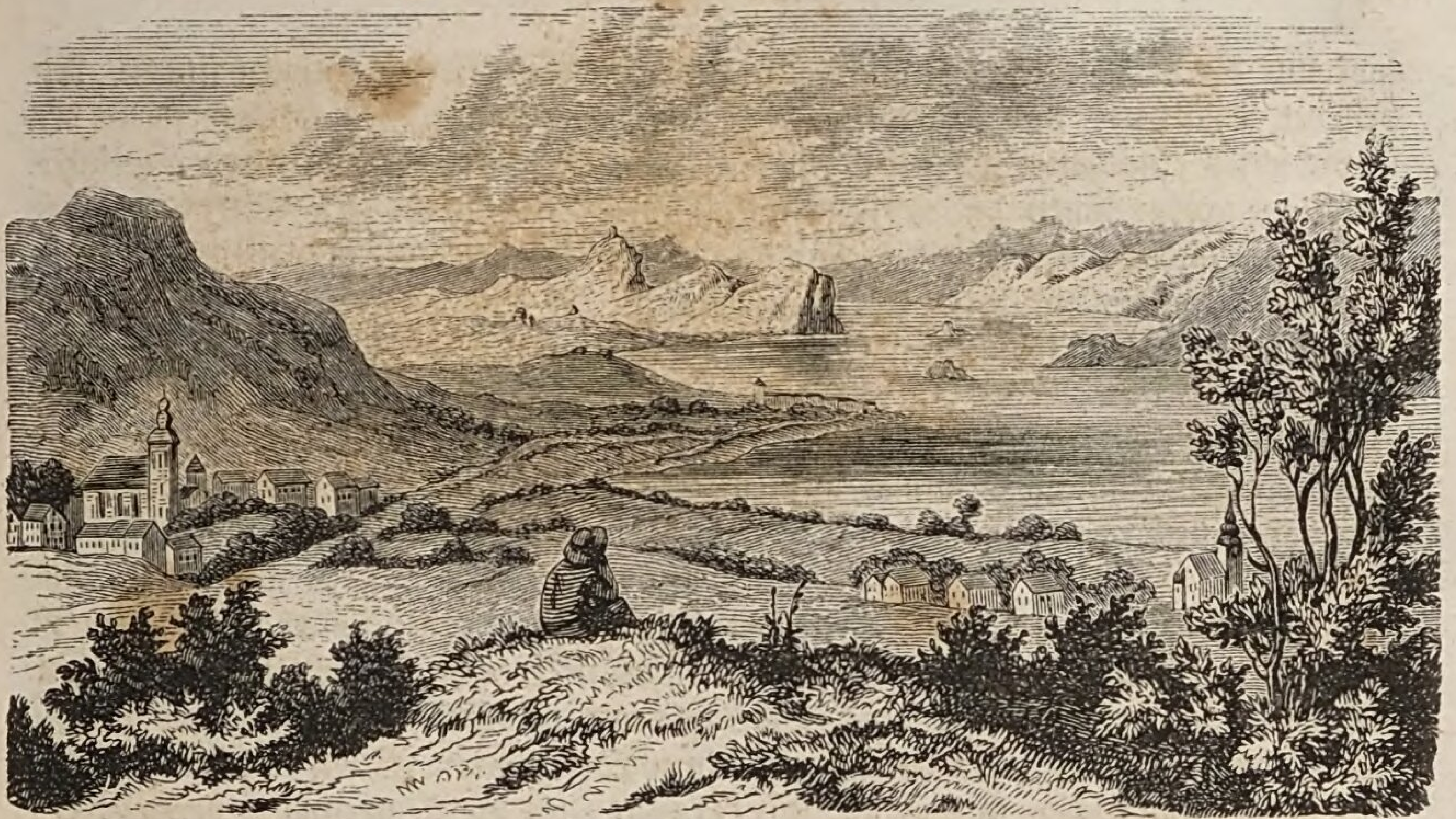


Fig. 92. Zirknitzer See im Herzogthum Krain.

II. Entstehung der Sedimentgesteine.

Die Massen, aus denen der Erdkörper ursprünglich gebildet war, sowie die eruptiven, an die Oberfläche gelangten Gesteine erlagen der zerbröckelnden Einwirkung der Luft und des Wassers, sie zerfielen zu Grus und Staub, welche fortgespült, zusammengehäuft in neuer Form wieder zur Gesteinbildung verwendet wurden. Auch diese Neugebilde mußten den zerstörenden Kräften erliegen, ihr Schutt vereinigte sich mit dem älteren Gesteine zu stets neuen und neuen Gestaltungen. Alle diese Neubildungen erfolgten an der Erdoberfläche nach dem Gesetze der Schwere; Körnchen auf Körnchen, Schicht auf Schicht ordneten sich die Massen und schlossen zwischen sich die Reste von Thieren und Pflanzen ein, wodurch ihnen der Stempel ihrer Entstehung unauslöschlich eingeprägt wurde. Keine Laven, nur die vulkanischen Aschen, welche sich dadurch den Sedimenten anschließen, können Thier- oder Pflanzenreste, sogenannte Versteinerungen enthalten und hierdurch schon allein unterscheiden sie sich von den Sedimenten.

Die Versteinerungen, welche sich als die belehrendsten Nachrichten aus frühern Erdepochen darstellen, aus deren Anordnung, Vergesellschaftung und Zustand die Entstehungs- und Entwicklungsgeschichte einer Gebirgsart mit Sicherheit entziffert werden kann, sind der aufmerksamsten Beachtung seitens der Geologie werth. Ihr Studium wird in neuerer Zeit sehr ernst gefördert und bildet eigene Zweige der Botanik und Zoologie (der Pflanzen- und Thierlehre), welche als Lehre von den vergangenen organischen Wesen, Paläontologie, eine wichtige Hülfswissenschaft der Geologie geworden ist. Wir müssen diejenigen, welche sich genauer mit den Versteinerungen bekannt machen wollen, auf diese Wissenschaft verweisen, und erwähnen

hier nur die verschiedenen Zustände, in denen sich die Versteinerungen finden. Nie bestehen Pflanzen- und Thierreste noch aus dem Stoffe, als welcher sie in den Erdschichten eingebettet wurden; alle leicht faulenden Gewebtheile wurden zerstört, dabei ein großer Theil der erdigen Bestandtheile entführt. Die Kalkschalen der Muscheln, die Knochen höherer Thiere und die Bauwerke der Korallen sind ihres Phosphorgehaltes und ihrer Struktur beraubt, in eine andere, die dem kohlensauren Kalke eigene krystallinische Form übergeführt; die Holztheile der Pflanzen wurden zu Braun- oder zu Steinkohle. Dies ist die einfachste und gewöhnlichste Veränderung, welche mit den organischen Resten vor sich ging. Zuweilen, und unter gewissen Umständen immer, füllten sich alle leeren Zellen der Muscheln, Knochen, Korallen oder Pflanzen mit Schwefelmetallen; die Versteinerung erscheint, nachdem die ehemalige Thier- und Pflanzensubstanz verschwunden ist, als ein Abguß von einem Schwefelmetalle in der organischen Form; in andern Fällen ist dieses Schwefelmetall, namentlich Schwefelkies, wiederum in Brauneisenstein und Eisenoxyd verwandelt, was eine Folge späterer chemischer Prozesse vom Stoffwechsel in der starren Erdrinde zeugt. In wieder andern Fällen erfüllten sich die Poren der organischen Wesen mit Kieselerde, die Versteinerungen verkieselten; Holz ward zu Quarz mit Holzstruktur, Korallen, Seeigel, Muschelschalen und Knochen verwandelten sich in Hornstein, Feuerstein und andere Kieselvarietäten. Endlich nehmen noch andere Mineralien, als Feldspath, Amphibol, Flußspath u. s. w. Theil an der Versteinerung, wovon, als von einem Beweise der Gesteinsumwandlung, weiter unten noch zu sprechen sein wird. Sehr oft sind die organischen Stoffe gänzlich verschwunden, ohne durch etwas anderes ersetzt worden zu sein; an Stelle der Muschel, der Frucht, des Holzstammes, des Blattes ist ein hohler Raum zurückgeblieben. Solche Vorkommnisse nennt man Abdrücke, und die etwa in ihnen liegenden Abgüsse des innern Theiles der Muschelschalen Steinkerne.

Oben schon haben wir den Unterschied berührt, welcher sich bei den Sedimenten bemerklich macht, je nachdem sie mit Beihülfe des Wassers oder durch chemische Niederschläge oder durch Thier- und Pflanzenleben bewirkt worden sind; hier kommen wir hierauf zurück, müssen aber vorher über die Verhältnisse und die Wirkungsweise des Wassers auf Erden einige allgemeine Mittheilungen geben.

A. Kreislauf des Wassers auf Erden.

Wie allem andern, ist auch dem Wasser sein bestimmtes Maß zugetheilt; es wird nicht mehr und nicht weniger, es cirkulirt nur häufiger im nassen als im trocknen Jahre. Das Wasser ist in dreifachem Körperzustande bekannt, nämlich fest als Eis, tropfbarflüssig als gewöhnliches Wasser (Regen-, Quell-, Fluß- und Meerwasser), ausdehnbar flüssig, dampfförmig und luftartig als Wasserdampf oder Dunst. In diesen drei Körperformen vollendet es seinen Kreislauf auf Erden.

Alle Wasser enthaltenden Stoffe und Wesen (die Erde, Pflanzen und Thiere), alle Wasserbassins (Seen und Meere) verdunsten zu jeder Zeit Wasser, welches sich mit der Atmosphäre in unsichtbarer Dampfform mischt und erst bei der Abkühlung als Nebel, Wolken und Regen oder Schnee und Hagel sichtbar wird.

Die Größe der Verdunstung läßt sich aus der Menge der als Thau, Regen und Schnee erfolgenden atmosphärischen Niederschläge beurtheilen. Die Menge dieser wäßrigen Niederschläge wird an vielen Punkten der Erde gemessen, und es geht aus diesen Beobachtungen hervor, daß in Europa durchschnittlich in jedem Jahre so viel Regen und Schnee fällt, daß, falls derselbe nicht verdunstete, einsickerte und abliefe, die Fläche dieses Erdtheiles 34 Zoll hoch unter Wasser gesetzt werden könnte. An hohen Bergen ist der Niederschlag stärker als in Ebenen, weil dort unaufhörlich Wasser aus dem Luftkreise abgeschieden und zur Unterhaltung der Quellen in die Erde abgeführt wird. Dagegen ist in vielen Ländern, namentlich in den Wüsten, der Wasserniederschlag sehr gering, was allerdings einigermaßen wieder ausgeglichen wird durch die außerordentliche Regenmenge, welche in tropischen Küstengegenden fällt.

Angenommen, die Oberfläche sämmtlicher Meere auf Erden umfaßte 6,976,000 deutsche Quadr.-Meilen, deren mittlere Tiefe wäre $1/_2$ deutsche Meile, so enthielten dieselben 3,488,000 Kubik-Meilen Wasser. Fallen nun jährlich auf die 2,306,000 Quadr.-Meilen große Erdfeste 36 Zoll Wasser

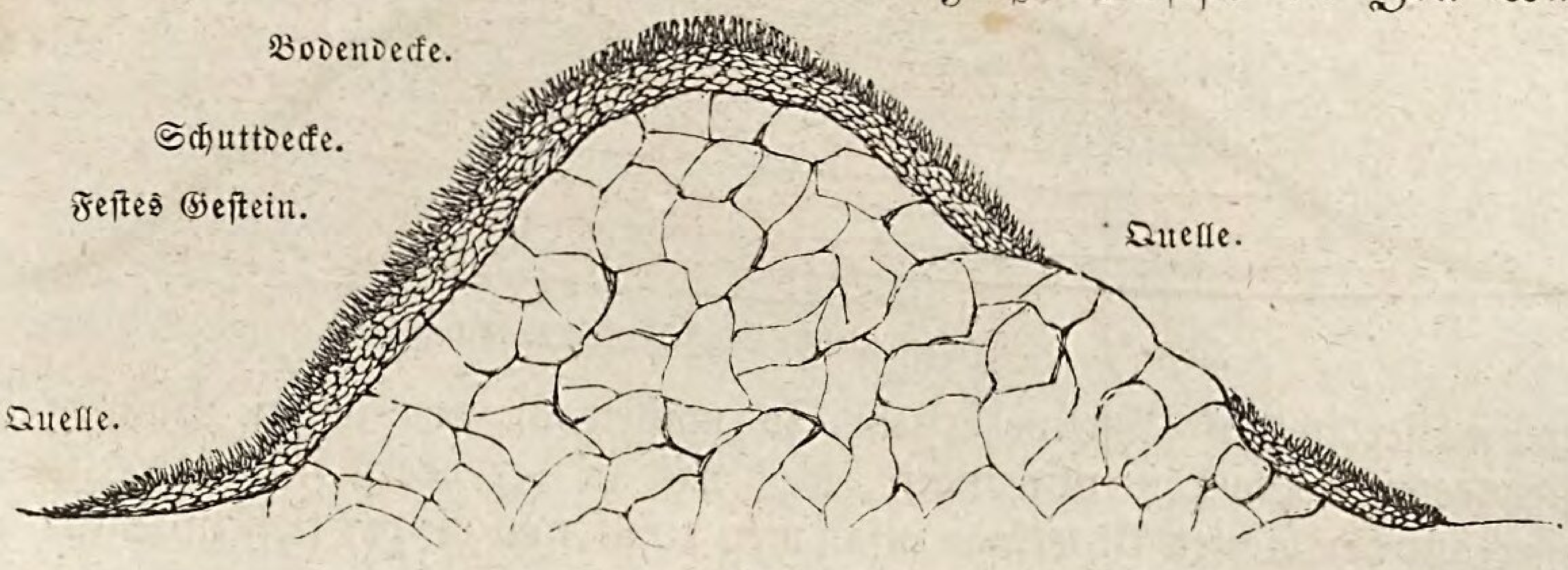


Fig. 93.

als Thau, Regen und Schnee, so beträgt dieses ca. 3000 Kubik-Meilen und es vergehen 1163 Jahre, ehe der Inhalt der Meere einmal verdunstend sich erneuert. Wir geben diese allerdings sich der Wirklichkeit nur annähernde Rechnung als ein Beispiel, welche Zeiträume erfordert werden, um ein Ereigniß in der Natur zu vollenden; denn es bedarf so langer Zeit, um den Salzgehalt des Meeres um einen Bruchtheil zu vergrößern, wie wir weiter unten ausführen wollen.

Das aus dem Luftkreise auf das Festland gefallene Wasser dringt zum Theil in die Erde ein und senkt sich, den Schichtenflächen und Spalten folgend, tief in deren Inneres herein, wie dies die oft mächtigen Wasserströme in tiefen Bergwerken und in vielen natürlichen Höhlen beweisen. Das Wasser durchdringt dabei die Gesteine tropfenweise und löst, soviel es kann, Stoffe, namentlich Kochsalz (Chlornatrium), Kali, Kalk, Bittererde, Gyps, Eisenoxydul und Kieselerde auf. Es vermittelt mancherlei Gasentwicklungen und Umwandlungen der Gesteine, wovon weiter unten ausführlicher die Rede sein wird.

Je nach der Form und Zusammensetzung der Gesteinschichten fließt das solcher Weise mit erdigen Stoffen beladene Wasser nach kürzerem oder längerem

Aufenthalt in der Erde als **Quelle** aus. Die Entstehung der Quellen hängt aller Orten von der Menge des fallenden Thaues, Regens und Schnees ab. Das reine Regenwasser sammelt sich im gewöhnlichsten Falle, welchen wir durch die Fig. 93 versinnlichen, in der Dammerde oder in der Geröllschicht, mit einem Worte in der Schuttdecke, welche die Oberfläche aller Gesteine bildet, und wird durch Pflanzen, namentlich Wald, Rasen und Moos an der rascheren Verdunstung verhindert. Es folgt der Schwere und tritt, da ihm die festere Gesteinsunterlage, in vorstehender Fig. 93 durch ein grobes Maschennetz bezeichnet, den Eintritt erschwert, an einem tieferen Punkt als Quelle wieder hervor. Solche Quellen versiegen leicht bei länger anhaltender Dürre und werden **Hungerquellen** genannt.

In Fig. 94 ist ein anderer einfacher Fall der Quellbildung dargestellt. Wenn die obere Abtheilung einer Höhe aus einem Wasser durchlassenden, die untere aus

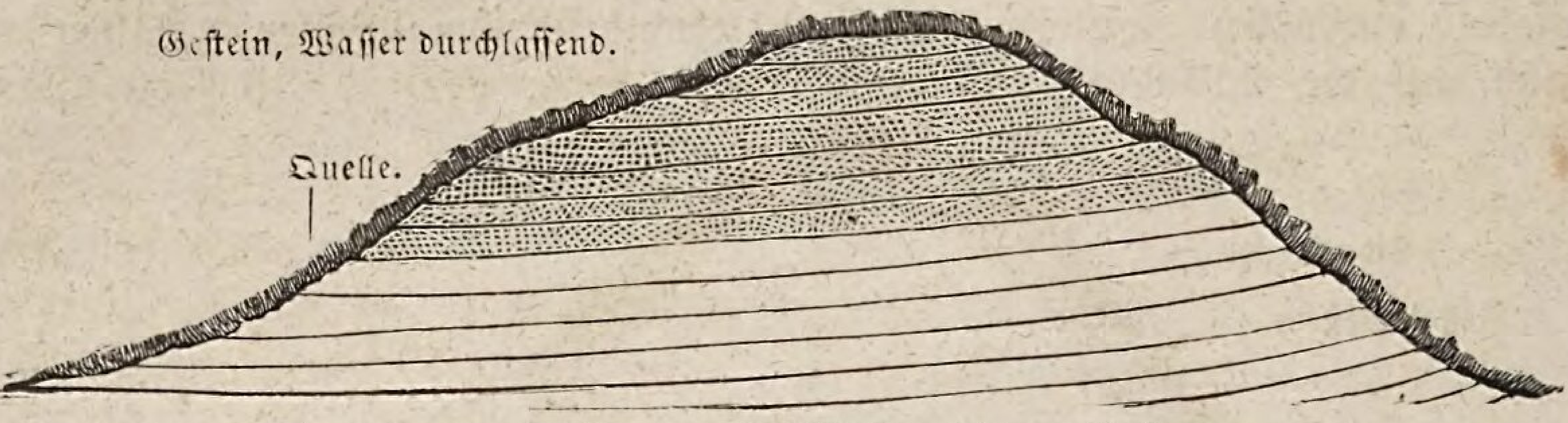


Fig. 94. Schichten, welche Wasser nicht durchlassen.

einem wasserdichtern Gesteine besteht, so müssen an den tiefern Punkten des Gesteinwechsels Quellen entspringen, weil das in der obern Felsart versiegende Wasser auf der dichten Unterlage zusammen rinnt und an der tiefsten Stelle hervorgetrieben wird. In diesem Falle ist die wie ein Schwamm das Wasser fest-

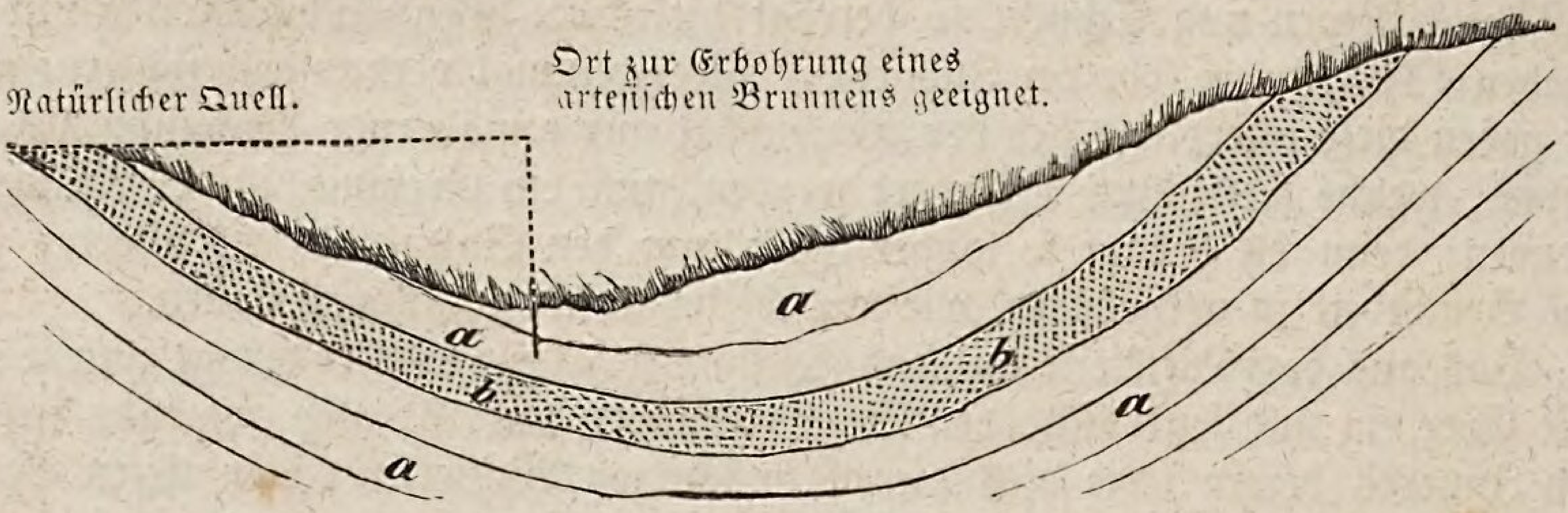


Fig. 95.

haltende Gesteinsart stärker wie in dem vorher betrachteten, die Verdunstung also von geringerem Einflusse, die Quelle deshalb in ihrer Ausgiebigkeit gleichbleibender. Etwas verwickelter ist die Erscheinung, wenn der Bau der Schichten Mulden und Sattel darstellt und wenn die abwechselnden Schichten aus wasserdichtem Gesteine a a und porösem, Wasser durchlassenden b b, wie in Fig. 95, bestehen. In dem Gesteine b b wird sich alles Wasser wie in einem Gefäße ansammeln, welches auf

dessen Ausgehenden einseiht. Liegt das eine Ausgehende tiefer als das andere, so entsteht an der tiefern Stelle eine natürliche Quelle. Bei solchem Schichtenbau ist die Anlage von Bohrbrunnen (oder artesischen Brunnen) gestattet. Wird an einem tiefern Punkte mittelst des Erdbohrers eine Oeffnung in das Dachgestein der wasserführenden Schicht b b gestoßen und wird diese Oeffnung durch ein gutes dichtes Rohr ausgekleidet, so muß das Wasser aus der Tiefe aufsteigen und oben überfließen, falls der Ausflußpunkt tiefer als die Ausgehenden der Wasserschicht liegen. Die Bohrung solcher Brunnen ist eine längst gekannte, in neuester Zeit aber vielfältig angewendete Kunst. Durch ihre Anwendung ist vielen wasserarmen Gegenden der unterirdische, alles belebende Schatz eröffnet; an vielen Orten sind die heilsamsten, zum Theil warmen und selbst heißen Gesundbrunnen erlangt worden.

Die nebenstehende Fig. 96 giebt ein Bild der Bohrlöcher, aus denen die merkwürdigen salzigen Thermalquellen zu Nauheim im Kurfürstenthum Hessen entspringen.

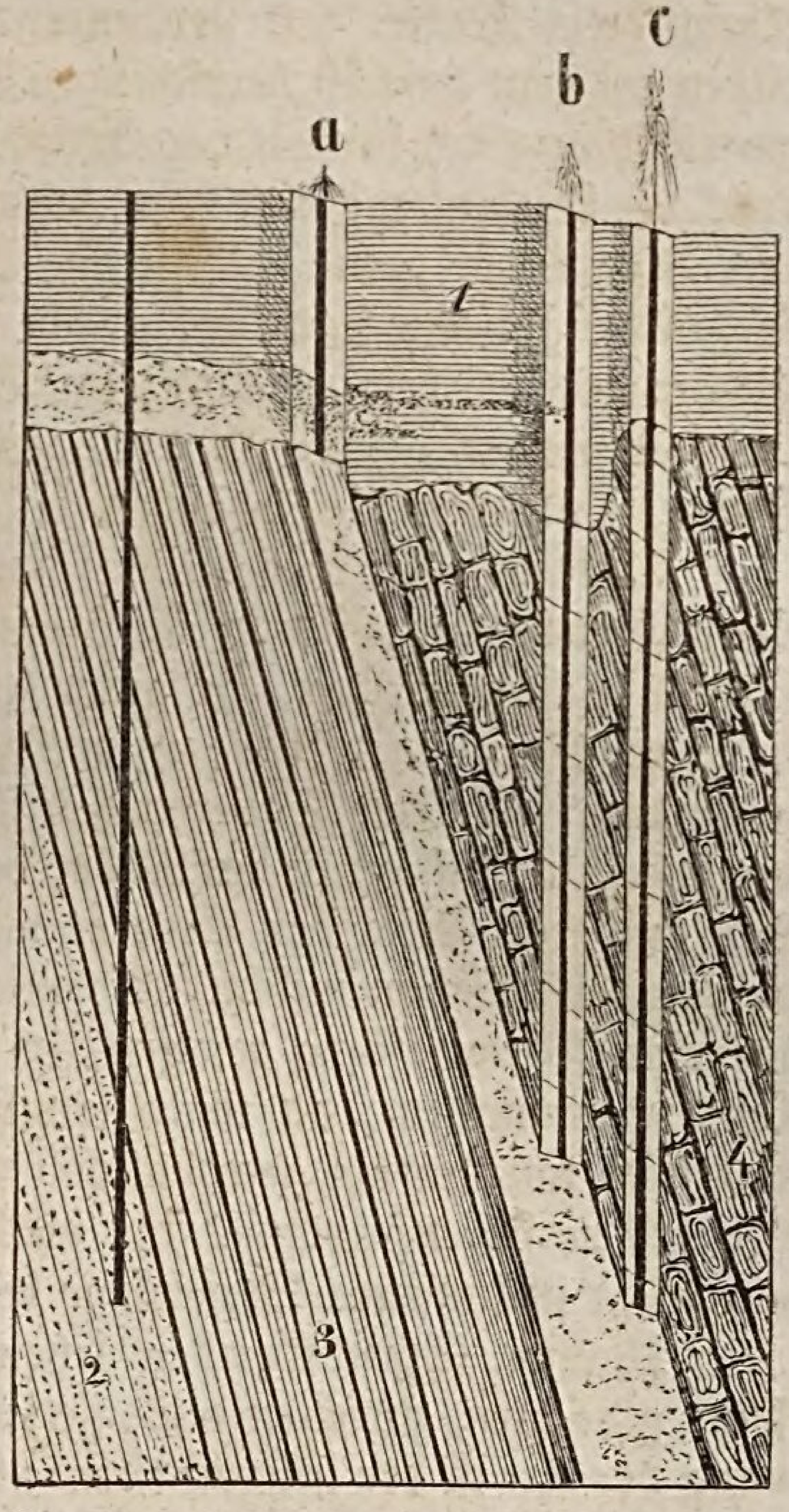


Fig. 96. Bohrbrunnen zu Bad Nauheim. 1. Tertiärgeröll und Thon; 2. Grauwacke; 3. Thonschiefer; 4. Marmor; a Kleiner Sprudel; b Großer Sprudel; c Friedrich-Wilhelmsquelle.

Diese Quellen haben noch besonders dadurch eine Berühmtheit erlangt, daß sie einzig und allein durch die aus ihnen stattfindende Kohlensäureentwicklung zu Tage gefördert werden. Die Gebirgsarten, in denen die Bohrlöcher stehen, sind oben her Geröll und Thon jüngerer Bildung (1), unten her Grauwacke (2), Thonschiefer (3) und schwarzer Marmor (4) der devonischen Formation. Auf der Grenze zwischen Marmor und Thonschiefer, welche in einem Winkel von 72 Grad geneigt steht, bewegt sich das warme, gas- und mineralreiche Wasser in einer schwachen Geröllschicht. Je weiter oben, desto verdünnter und erkälteter ist das Thermalwasser durch das in die Grand- und Thonschichten eingedrungene Regenwasser.

Die Bohröffnung a Fig. 96 ist 115 Fuß tief und liefert eine nur etwa einen Fuß hoch springende, 23 Grad warme, sehr gashaltige Salzsoole von $1._{98}$ pCt. Salzgehalt. Die Oeffnung b ist 554 Fuß tief und giebt einen 6 Fuß hoch aufsteigenden, schaumigen Wasserstrahl, dessen Wärme 26 Grad Réaumur und dessen Salzgehalt $2._{36}$ pCt. beträgt. Das Wasser dieser Quelle enthält weniger Kohlensäure in gebundenem Zustande als das der Quelle a weil salzigeres Wasser weniger von diesem Gase aufnehmen kann als süßes. Es läßt deshalb bei seinem

Austritte aus dem Bohrloche mehr Gas in kleinen Blasen luftförmig entweichen und springt deshalb schaumiger und höher als die vorige. Diese Quelle trägt den Namen der große Sprudel, die a den der kleine Sprudel. Die Quelle c ist die 616 Fuß tiefe Friedrich=Wilhelmsquelle; sie liefert eine 29—30 Grad warme 4procentige Soole, welche in herrlicher Schaumpyramide sich 50 Fuß hoch erhebt, weil in ihr noch weniger Gas gebunden bleibt als in dem großen Sprudel. In der Tiefe enthalten die aus diesen Bohrlöchern entspringenden Quellen sämmtlich etwa zwei Raumtheile Kohlensäure=Gas mit einem Raumtheile Wasser fest verbunden. Diese drei Raumtheile Gas und Wasser bilden bei dem daselbst herrschenden hohen Drucke nur einen Raumtheil. Sobald die Mischung sich so weit der Erdoberfläche nähert, daß der verminderte Wasserdruck die Entbindung von Gas gestattet, verwandelt sich in einem angemessen engen Rohre die ganze Masse in Schaum. Der Rauminhalt der Flüssigkeit vergrößert sich um so mehr, als deren Zusammensetzung die Bindung geringerer Gasmengen bei dem gewöhnlichen Drucke der Luft erlaubt; die Quellen schäumen langsamer oder rascher über und erheben sich in niederern oder höheren Schaumsäulen, je nachdem die aus ihnen frei gewordene Gasmenge geringer oder größer ist.

Diese drei Quellen stellen, wenn sie durch menschliche Einrichtungen nicht verhindert werden, sich in ihrer ganzen Erhabenheit zu zeigen, ein überraschend schönes Schauspiel dar, sie geben zugleich ein belehrendes Beispiel über die Bildung der Sauerquellen, in welchen kohlensaures Gas einen Hauptbestandtheil ausmacht. Solcher Sauerquellen finden sich viele in der Nähe von Nauheim, in der Eifel, in Nassau, in der Rhön, bei Kissingen, in Böhmen. Sie entstehen, wenn sich aus der Tiefe der Erde entweichende Kohlensäure mit dem von oben eindringenden Wasser mischt. Aehnliche an Kohlensäure reiche Quellen sind schon mehrfach Veranlassung gewesen, in Gegenden vulkanische Beschaffenheit des Bodens zu vermuthen, da man sie mit heißen Quellen ihres Brodelns wegen verwechselte und letztere gewöhnlich in Zusammenhang mit nahen Vulkanen dachte. So haben sich neuerdings die vielbesprochenen Quellen im Innern der Sahara als solche schäumende Säuerlinge herausgestellt.

Manche Sprudelquellen setzen wie die Geiser auf Island, deren wir oben schon gedachten, zuweilen aus; sie intermittiren; eine besonders schöne Erscheinung der Art ist der intermittirende Sprudel zu Kissingen. Das Quellwasser fließt oberflächlich fort und sammelt sich zu Bächen, Flüssen, Strömen, in denen sich alle von Quellen der Erde entzogene feste Bestandtheile finden. Flüsse und Ströme geben ihr Wasser endlich dem Meere wieder, aus dem es, aufsteigend in Regenwolken, seinen Kreislauf begann. Während dieses Kreislaufes hat das Wasser in dem Erdkörper eine ähnliche Thätigkeit zu entwickeln, wie das Blut im thierischen Körper; es kann deshalb mit einigem Rechte das Blut der Erde genannt werden. Ueber die chemische Thätigkeit des Wassers werden wir uns im nächsten Abschnitte bei den Betrachtungen der metamorphosirten Gesteine eingehender beschäftigen; hier wollen wir zunächst nur der mechanischen Wirkungsweise desselben gedenken.

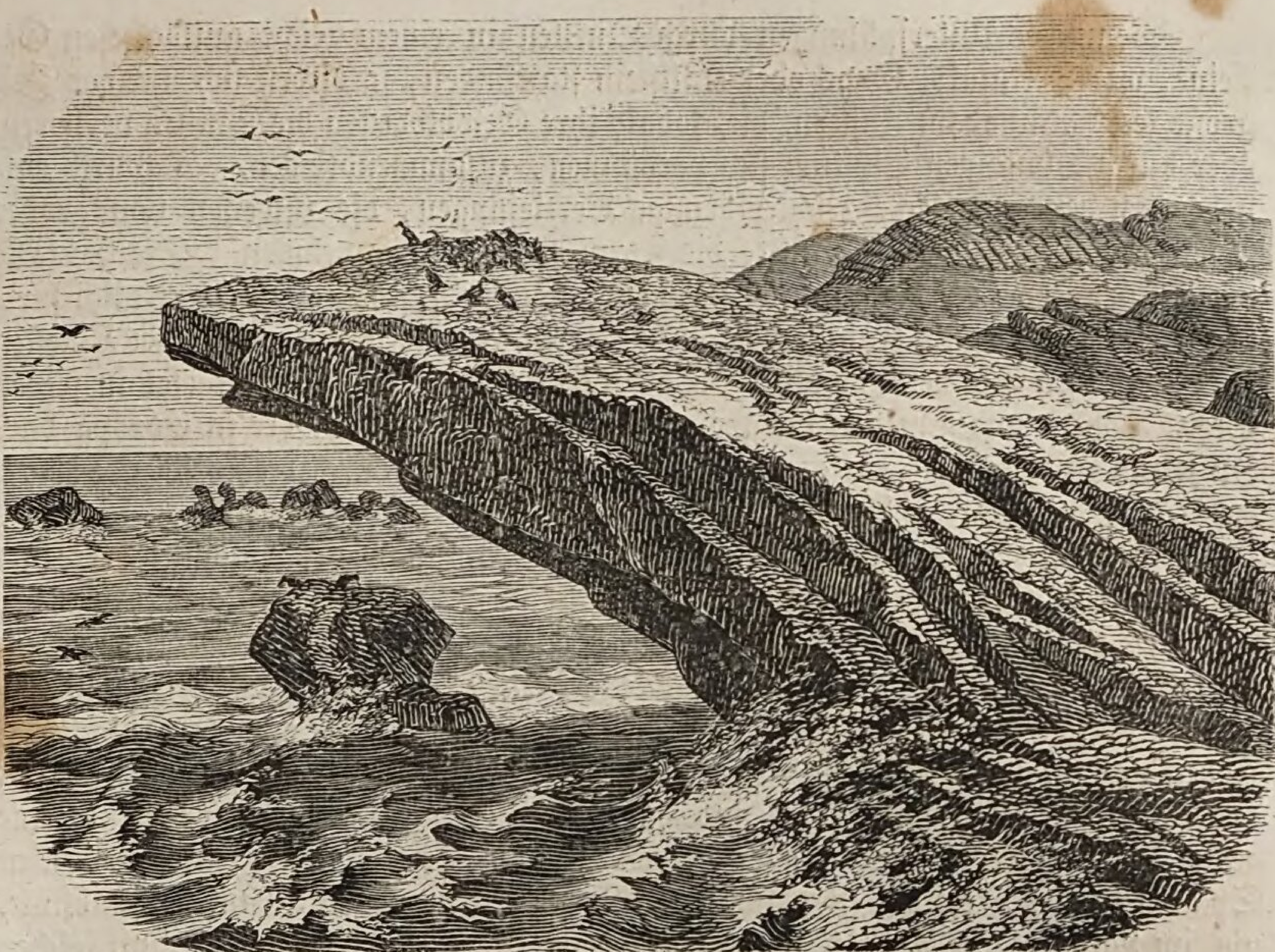


Fig. 97. Felsengestade in Japan. Me=Oga=Fana, die Männer= und die Frauennase im Fürstenthum Kadsusa.

A. Die Gestein=zerstörenden Wirkungen des bewegten Wassers.

Die Quellen bringen in Lösung und aufgespült allerlei mineralische Stoffe mit aus der Tiefe. Die aufgelösten Stoffe entziehen sich durch ihre feine Vertheilung dem Auge, während sie durch die Geschmackswerkzeuge meistens bald entdeckt werden. Es sind danach Salz=, Bitter=, Mineral=, Sauer=, Hart= oder Kalk= und Weichwasser unterschieden worden. Manche Quellen enthalten sehr große Mengen fester Bestandtheile, wie zum Beispiel:

die Karlsbader heißen Quellen	ca.	$^3/_4$	Pfd.	in	100	Pfd.	Wasser
die Kissinger Soolquellen und Sprudel	„	3—4	„	„	„	„	„
die Wiesbadner Thermen	„	1	„	„	„	„	„
die Nauheimer salinischen Thermen	„	4	„	„	„	„	„
viele Salzquellen	„	20—25	„	„	„	„	„

Die Nauheimer Quellen entführen dem Boden jährlich 33,000 Ctr. erdige Bestandtheile, die Kissinger wol eine gleiche Menge.

Da das Wasser keiner Quelle ohne mineralische Bestandtheile ist, so läßt sich denken, welche ungeheure Mengen von Stoff durch sie der Erdentiefe entzogen werden. Die dadurch herbeigeführten Senkungen sind zwar in der Regel, weil sie sich über große Flächen verbreiten, allmälig und langsam, in manchen Fällen werden sie aber auch schnell sichtbar, indem sich dadurch E r d f ä l l e bilden.

Wenn die Unterspülungen durch Quellen in einem leicht auflöslichen Gesteine, wie Steinsalz, Gyps oder Kalkstein stattfinden, so bilden sich mit der Zeit große leere Räume im Innern, die, sobald ihre Gewölbdecken die Stützen verlieren, oder durch allmäligen Einsturz sich verdünnen, zusammenbrechen. Dadurch entstehen an der Oberfläche trichterförmige Vertiefungen, die zuweilen von großer Ausdehnung, mit Wasser gefüllt, die Form von Seen annehmen. Die Erdfälle verschlucken sehr oft das in sie strömende Wasser, führen es unterirdisch fortlaufenden Höhlen und Kanälen zu, aus denen es endlich in mächtigen Quellen wieder an das Sonnenlicht tritt. Das Karstgebirge Istriens bietet in seinen Seen, Höhlen und Quellen die großartigste Erscheinung der Art in Europa dar. In jenem Gebiete wird ein ganzes Kalkgebirge allmälig durch die auflösende Kraft des Wassers zerstört. Auch anderwärts sind solche Erscheinungen nicht selten.

Der Zirknitzer See, welchen die Abbildung am Anfang dieses Abschnittes (S. 55) unsern Lesern zeigt, giebt ein Beispiel einer mächtigen Einsenkung, welche in Folge der unterirdischen Ausspülungen entstanden ist. Dieser See, im Laibacher Gebiete gelegen, füllt einen, 1 Meile langen und $^3/_4$ Meile breiten Thalkessel, welcher rings von Bergen umschlossen, keinen Ausgang darbietet. Diese Berge erreichen zum Theil Höhen von mehreren Tausend Fußen und stürzen steil und jach in den See herein; der See ist im allgemeinen flach und hat von dem durchscheinenden Grunde eine gelbe Farbe. Manche Stellen erscheinen dagegen als schwarze Flecke und deuten Spalten in der Tiefe an, in welche das Wasser mit dumpfem Brausen hinabsinkt, um im Laibacher Thale als starke Bäche wieder zu erscheinen. Es sind solcher Spalten über 40; sie stehen mit unterirdischen Höhlen in Verbindung. Wenn die Quellzuflüsse, welche den See für gewöhnlich versorgen, durch Schnee- und Regenwasser vermehrt werden, so daß jene Spalten zur Ableitung der Wassermenge zu eng sind, alsdann steigt der See über seine Ufer. Allmälig verliert sich jedoch das Wasser, und in trockenen Jahreszeiten wird der See fast wasserleer, weil die unterirdischen Abführungskanäle mehr Wasser ableiten als die Quellen zuführen. Mit der Zeit werden jene Kanäle sich erweitern, alsdann wird aus dem Zirknitzer See ein von Bächen durchflossenes Kesselthal werden, dessen Wasser in Spalten des Bodens versinkt.

Die an die Erdoberfläche tretenden Quellen bilden zusammenrinnend Bäche, Flüsse und Ströme. Alle diese innerhalb gewisser Einsenkungen der Erdoberfläche, den Thälern, fortfließenden Wasser reißen bei ihrer Bewegung erdige Theile mit sich, welche sie von den Wänden ihres Bettes abgebrochen haben. Man bezeichnet dieses Losbrechen und Fortspülen von Gestein und Erde mit den Namen Einreißung, Abnagung, Erosion. In hohem Grade unterstützt wird die Erosion durch die Gletscher- und Grundeisbildung, weshalb wir hier diese Erscheinungen besprechen wollen. In den Hochgebirgen und den Polen näher, selbst in sehr niedriger Lage bis zum Meeresspiegel herab, sammelt sich der Schnee in großen Massen an. Er thaut bekanntlich in höheren Gebirgen nie ganz und bedeckt deren Gipfel das ganze Jahr über. Die Linie, bis zu welcher der Schnee immerwährend liegen bleibt, wird

als Grenze des ewigen Schnees (Schneelinie) bezeichnet; dieselbe erhebt sich am Aequator bis 17,000 Fuß über den Meeresspiegel, fällt aber in Grönland mit dem letztern zusammen. In der Nähe der Schneegrenze thauen im Sommer die dicken, in Thäler zusammengewehten Schneemassen oberflächlich auf; das Thauwasser versickert in den Schnee und gefriert daselbst wieder. Es entstehen dadurch körnige Schneemassen, wie kleine eckige Schloßen, die Firn genannt werden und, sobald sie dicht und fest zusammenfrieren, die Gletscher bilden.



Fig. 98. Der Aargletscher obern Theils.

In den Hochgebirgen (Alpen) der gemäßigten Erdzonen erscheinen die Gletscher überall in tiefen, bis in die Schneeregion herauf reichenden Thälern und Schluchten. Sie strecken sich bis weit unter die Schneegrenze herab in die fruchtbaren Thäler herein und führen den Schnee und Firn des Hochgebirges in die wärmeren Landstriche herab, bis sie schmelzend wieder zu tropfbarflüssigem Wasser werden. Das Gletschereis besitzt eine körnige Struktur; es setzt Massen von mehreren Hundert Fußen Dicke zusammen und ist auf den steil geneigten Thalsohlen, welche es bedeckt, in beständiger Bewegung. Ganz so, wie das tropfbar flüssige Wasser im Fußbette, wenn auch langsamer, fließt das Gletschereis Thal abwärts. Die Beobachtungen von Agassiz und seinen Begleitern haben gelehrt, daß die Gletschermasse am Ufer langsamer voranrückt als in der Mitte, daß das Eis am Boden weniger rasch vorwärts geht als an der Oberfläche. Natürlich! an den unebenen rauhen Felsen der Thäler stellen sich der Bewegung mehr

Widerstände entgegen als in der körnigen Masse des Gletschereises selbst; ganz so wie die Strömungen an den Ufern und am Boden eines Flusses wegen der Reibung des Wassers an der Erde langsamer ist als in der Mitte des Wasserlaufes. Die verschiedene Bewegungsgeschwindigkeit der Eismassen veranlaßt Spaltungen, die nach der Mitte des Gletschers abwärts gekrümmt und in überhängender Neigung nach dem untern Gletscherende zu gestellt sind. In diese, den Gletscherbesteigern so gefährlichen Spalten, stürzt im Sommer das oberflächlich abthauende Wasser und löst, unterstützt durch die Erdwärme, die Eismasse vom Thalboden ab. Während im Winter der Gletscher nur an seiner untern, den Boden berührenden Fläche langsam schmilzt, sich an der Oberfläche aber durch Schneefall und überrollenden Firn beständig erhöht, so daß der vermehrte Druck die ganze Masse tiefer in das Thal hereinschiebt, thaut er im heißen Sommer an seinem Thalende stärker ab und weicht dadurch zurück. In dieser Jahreszeit lockert sich der Zusammenhang aller seiner Theile, er wird beweglicher, rückt deshalb rascher voran und sendet große Wassermassen in die Flüsse.

Die Gletscher bedecken sich oberflächlich, namentlich an ihren Seiten mit vom Ufer auf sie herabgefallenen Felsblöcken und Schutthaufwerken. Umstehende Fig. 98, welche den obern Theil des schweizer Aargletschers darstellt, faßt den Punkt auf, an welchem sich zwei aus Seitenthälern herabkommende Gletscher vereinigen. Es stellen sich deshalb außer den beiderseitigen Schutthaufwerken, den Seitenmoränen, auch noch die zu einer Mittelmoräne oder mittlern Gufferlinie vereinigten anfänglichen innern Seitenmoränen zu einem einzigen zusammengelaufenen anfänglichen Gletscher dar. Die beistehende, eine solche Vereinigung von Gletschern im Grundriß darstellende Fig. 99 macht das Verhältniß noch klarer. A B sind die beiden aus Seitenthälern herabsteigenden Gletscher, welche sich zu dem Hauptgletscher C vereinen. Die innern Seitenmoränen der Nebengletscher 2 und 3 laufen zu der Mittelmoräne des Hauptgletschers zusammen, die äußern Seitenmoränen 1 bleiben auch nach der Vereinigung getrennt. Die punktirten Linien auf den Gletschern deuten die bei deren Fortrückung entstandenen Spalten an. Die langsam, täglich 4 bis 11 Zoll, vorwärts rückende Gletschermasse nimmt die auf ihr in den Seiten- und Mittelmoränen liegenden Gesteinsmassen mit zu Thale. Ein Theil dieser Massen stürzt in die Spalten des Eises herab und gelangt auf den Boden, um hier ebenfalls fortgeschoben zu werden, oder erscheint, wo der Gletscher oberflächlich stärker abschmilzt, in tieferer Lage wieder an der Oberfläche. Andere größere auf den Gletscher gefallene Gesteinplatten schützen das unter ihnen liegende Eis gegen die aufthauende Wirkung der Sonne;

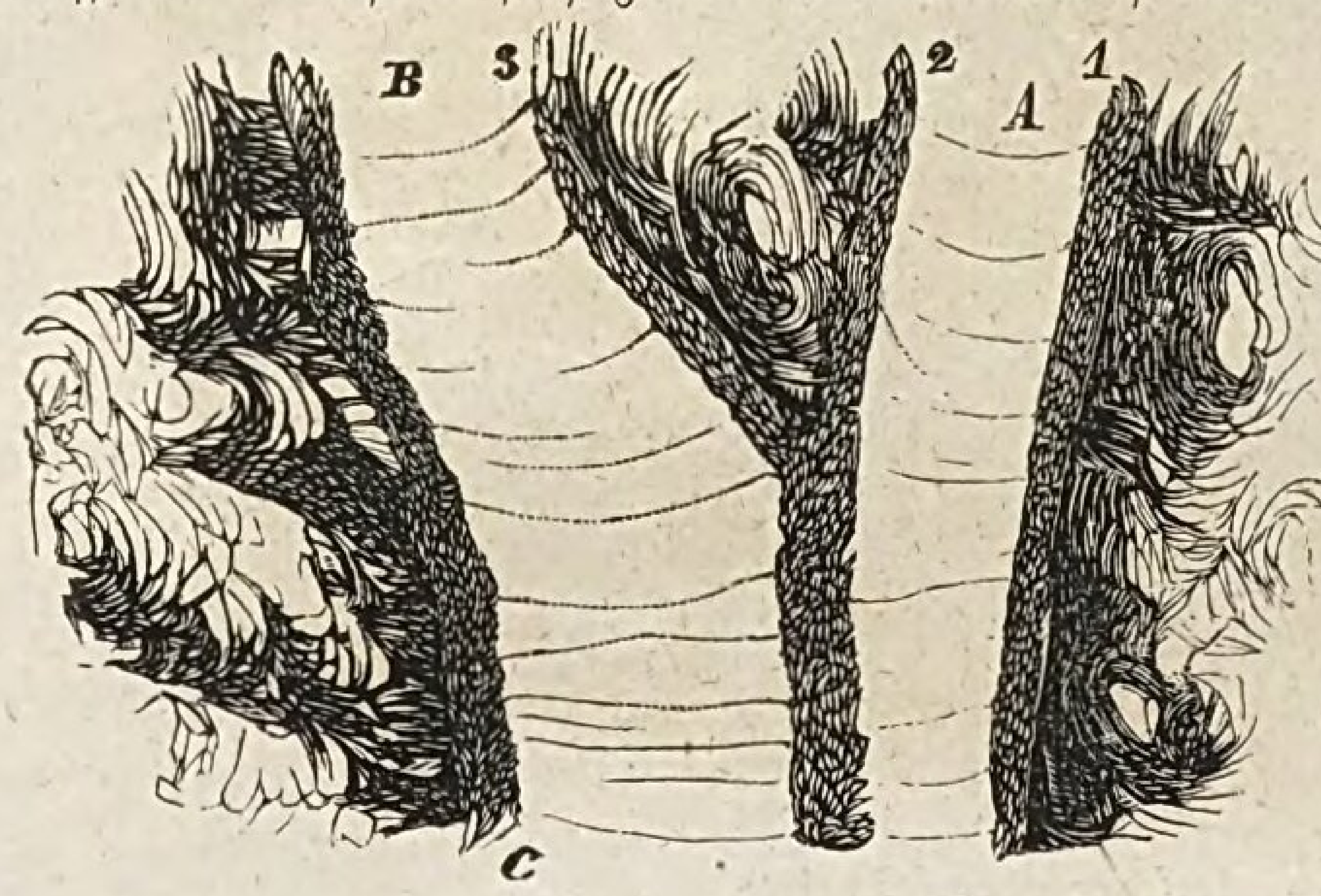


Fig. 99.

sie erscheinen nach einiger Zeit, nachdem die Umgebung durch Schmelzung sie erniedrigt hat, auf einem Stiele stehend, wie die links von der Mittelmoräne des Aargletschers Fig. 98 dargestellten, großen Hutpilzen ähnlichen Gestalten. Allmälig benagt die warme Luft den Eisstiel, die Form der Gestalt erscheint wie der in Fig. 100 dargestellte Gletschertisch. Endlich erdrückt der schwere Stein den für seine Last zu dünn gewordenen Eisstiel, oder die durch einseitig wirkende Thauwinde aus dem Gleichgewicht gebrachte Felsplatte stürzt von ihrem Postamente herab. Die Felstrümmer hüpfen dabei ein Stück weiter zu Thale, um sich abermals auf einen Eisstiel zu stellen. So trägt der Gletscher seine Last dem Thalende zu, und hier rutschen und poltern die Felsmassen an dem abschmelzenden steilen Gehänge desselben herab, um an seinem Fuße die das Felsthal quer schließende Endmoräne zu bilden. Alle auf der Oberfläche des Gletschers transportirten



Fig. 100. Eis- oder Gletschertische.

Felsstücke bleiben eckig, ihre Flächen sind ungeritzt. An dieser Eigenthümlichkeit der sie zusammensetzenden Gesteinbruchstücke erkennen wir die von jetzt bestehenden Gletschern fernen Moränen, welche ihre Anschüttung früheren Zeiten verdanken.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse am Boden des Gletschers, da wo er durch seine Last das nackte Felsgestein zerreibt. Die von ihm losgebrochenen oder durch Gletscherspalten auf seinen Grund gefallenen Gesteinstücke der Seiten- und Mittelmoräne werden vom Eise vorangeschoben, sie runden sich dabei ab, bohren sich ineinander ein, schleifen sich einseitig glatt und ritzen bei ihrer gradlinigen Fortbewegung das unterliegende Felsgestein. Letzteres im Allgemeinen geglättet, erhält dadurch eine dem Gletscherlaufe parallele Streifung und Furchung, wie sie der Schreiner mit dem Nuthhobel in das Holz reißt. Solcherweise zugerichtete Felsmassen werden Gletscherschliffe genannt; man hat sie an

vielen Orten fern von den Alpen zu erkennen geglaubt, und falls sie hier wirklich sind, müssen sie entweder durch Treibeis entstanden sein, wovon wir weiter unten reden, oder sie gingen aus der Einwirkung des Gletschereises zu einer Zeit hervor, als jene, jetzt durch unterirdische Auswaschungen tiefer eingesunkenen Landstriche noch Alpenhöhe besaßen. Die Meinung, die ganze Welt sei ehemals mit Gletschern bedeckt, erstarrt gewesen, ist von der Wissenschaft verlassen, die genaue Untersuchung der Versteinerungen hat diesen Sieg erkämpft.



Fig. 101. Eisthor des Marcellgletschers.

Die reibende Wirkung der Gletscher, auf dem Boden des von ihnen eingenommenen Thales, verwandelt große Gesteinsmengen zu Staub, Sand und Geröll, welche das unter dem Gletscher hervorströmende Wasser mit fortführt. Dieses Wasser tritt unter dem Gletscher im Winter fast klar, im Sommer sehr getrübt hervor; es entströmt während der letztern Jahreszeit oft weiten, tief unter dem Gletscher hereinlaufenden Höhlungen, den Gletscherthoren. Die Fig. 101 giebt die Ansicht eines solchen, welches in täglich wechselnder Form und Gestaltung die prachtvollsten Farben- und Lichterscheinungen darbietet, aber der häufig erfolgenden Einstürze wegen nur mit Vorsicht zu betreten ist.

Das Gletschereis hat eine tief ultramarinblaue Farbe, wie das reine Wasser, welches sich in Alpenseen sammelt. Grün erscheint es, wenn ihm viel gelber Fels-



Der Humboldt-Gletscher in Nordgrönland.

Buch d. Geologie I. 2. Aufl. S. 167.

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

staub eingeknetet ist, wie das Wasser grün erscheint, sobald es auf gelbem Boden fließt. Manche Gletscher der Alpen verwandeln täglich 6000 Kubikfuß Fels zu Staub und Sand, sie würden innerhalb hundert Jahren ein 500 Fuß breites, 10,000 Fuß (oder eine Wegstunde) langes Thal, um beinahe 44 Fuß vertiefen, falls sie all diesen Abnutz von der Thalsohle losrissen; da sie aber auch hereingefallenes Gestein zertrümmern, so ist ihre thalvertiefende Wirkung geringer.



Fig. 102. Eisberg im nördlichen Polarmeer schwimmend.

Auf den Inseln und Kontinenten der Polargegenden wird der Schnee durch einsickerndes Thauwasser ganz in derselben Weise zu Firn und Gletscher, wie in den Alpen. Das ganze Land ist dort mit 200—800 Fuß hohen Gletschern bedeckt, die in Thalvertiefungen langsam dem Meere zufließen. Selten überragt sie ein höherer Fels, sie tragen deshalb selten Moränen, aber sie bröckeln Felsgestein vom Thalboden los und nehmen es in sich auf. Diese Küstengletscher, deren einer, der Humboldtgletscher an der Küste von Grönland, auf der beigegebenen Tontafel bildlich dargestellt ist, steigen gewöhnlich treppenförmig in das Meer herein. Die Treppen entstehen, wenn der bei seiner Bewegung sich spaltende Gletscher im Meerwasser von unten her abschmilzt, durch Senkung des vordern Theiles. Der Gletscher schiebt sich langsam im Meere fort, bis endlich die hebende und tragende Kraft des Meerwassers ihn schwimmend erhält und abbricht; große und kleine Eisberge schwimmen alsdann in langen Reihen angeordnet davon und sammeln sich an geeigneten Stellen in ruhigen Buchten oder vom Winde getrieben, zu Eisfeldern an. Sie frieren zusammen und bilden jene mächtigen, im Polarmeere der Schiffahrt so gefährlichen

Eisberge, von denen unsere Abbildung Fig. 102 eine Vorstellung giebt. Manche dieser Eisberge sind von ungeheurer Größe und Dicke, sie transportiren auf ihrem Wege nach den südlichen Meeren Felsgestein aller Art und lassen dies, wo sie stranden und schmelzen, auf den Meeresboden sinken. Bewegen sich solche mit eingefrorenem Sand und Gestein beladene Eisberge an Felsenküsten, schiebt sie der Sturm auf flachem Grunde auf und ab, so entstehen den Gletscherschliffen ähnliche Reifungen auf dem Meeresgrunde und am Felsgestade.



Fig. 103. Der Zackenfall im Riesengebirge.

Die Granitfelsblöcke und Geschiebe schwedischen und nordischen Ursprunges, welche einzeln in der norddeutschen Ebene und im mittleren Rußland gefunden werden, und welche den Namen Wanderblöcke (erratische Blöcke) erhalten haben, sind offenbar durch Treibeis, durch Eisberge, transportirt worden, als jene Länder noch vom Meere bedeckt lagen. Manche erratische Blöcke der Schweiz sind wol durch Gletscher bewegt. Das Grundeis bildet sich auf dem Boden der Bäche und Flüsse, steigt Sand und Geröll in sich einschließend in die Höhe und schwimmt stromab. Es zerstößt auf seinem Wege die Ufergesteine, reißt Furchen in sie ein und wirkt, wiewol im Kleinen, wie die auf dem Meere schwimmenden Eisfelder, indem es jene in sich aufgenommenen Erdbestandtheile zu Thale befördert. Beim Aufbruche zugefrorener Ströme und Flüsse treten diese Wirkungen in erhöhtem Grade ein.

Wie die Quellen und Gletscher, so brechen auch schnell dahinströmende Bäche und Flüsse, namentlich Gieß- und Sturzbäche, wie der in Fig. 103 dar-

gestellte Zackenfall, Gestein los und transportiren es in die Ferne. Der Gießbach nimmt, was in sein Bereich fällt, die vom Gletscher vorbereiteten Gerölle, durch Frost von den Thalseiten losgebröckeltes Gestein mit sich, wälzt es auf seinem steilgeneigten Bette fort, rundet es ab, zertrümmert es und stürzt es über seine Kaskaden in die sanfter geneigten Thäler herab. Hier bildet das Schutthaufwerk nicht selten halbkegelförmige Anhäufungen, Alluvialkegel, an dem Thalgehänge, wie sie häufig im Berglande und selbst in Hügelgegenden an der Mündung von Seitenschluchten in weitere Thäler getroffen werden. Die Alluvialkegel haben öfters einen beträchtlichen Umfang und bestehen aus untergeordneten Geröllhaufwerken, welche unter günstigen Umständen durch kalkige und kieselige Einseihungen verkittet, in festes Felsgestein, in Conglomerat und Puddingstein verwandelt, ein belehrendes Beispiel darbieten, wie solche Massen auf dem festen Lande sich ansammeln können und nicht in jedem Falle als unter Wasserbedeckung entstanden angesehen werden dürfen. Wo die von Sturzbächen und Wasserfällen mit zu Thale gerissenen Gerölle vom wirbelnden Wasser auf einem Punkte um und um gedreht werden, wirken sie wie der Erdbohrer auf die Unterlage; sie graben sich brunnenartige (bohrlöcherartige) Vertiefungen, die sogenannten Riesentöpfe, deren im trocknen Sommer 1857 unzählige an den Felsplatten im Rheinfall bei Schaffhausen bemerkt wurden. Diese Thätigkeit wandelt den Fels zu Staub; sie bereitet dem Wasserfall einen tiefern Sturz, einen sogenannten Kessel. Die Kessel dehnen sich allmälig nach der Felswand des Wasserfalles aus, sie unterwühlen dieselbe und veranlassen deren Einsturz, wodurch der Ort des Wassersturzes allmälig verändert, das Thal, in welchem er stattfindet, nach den Quellen hin vertieft wird.



Fig. 104. Durchschnitt des Niagaragebiets.

Sehr sichtbar treten diese Wirkungen der Wasserfälle an dem großen Niagarafalle hervor, von welchem Fig. 104 und 105 Darstellungen geben. Die kanadischen Seen befinden sich auf treppenförmig hinter einander liegenden Flächen, so daß der Spiegel des Ontariosees etwa 330 Fuß tiefer als der des Eriesees liegt. Von ersterem See bis nach Lewiston, Queenstown und St. Davis ist die Gegend fast eben und horizontal, durch Sandsteine gebildet, welche mit schwach geneigter Schichtung gegen den Eriesee einfallen. Alsdann erhebt sich die Fläche plötzlich fast senkrecht, um ein höher liegendes Blachfeld zu bilden, welches sich bis an den Eriesee erstreckt. Der senkrechte Felsabsturz besteht von unten nach oben aus Schieferschichten, denen Kalksteine untergeordnet sind, aus stärkeren, kompakteren Kalksteinfelsen, in

denen sich jetzt die Wasserfälle befinden. Darauf folgen noch näher gegen den Eriesee: Thonschiefer mit Steinsalzgehalt und endlich wieder Kalkstein. Alle Schichten gehören zur silurischen Formation. Auf der höher liegenden Ebene tritt der Niagarastrom mit so geringem Gefälle aus dem Eriesee, daß er als eine Fortsetzung desselben angesehen werden kann. Er hat anfangs, indem er Inseln umgiebt, eine abwechselnde Breite von 5 bis 12,000 Fuß und auf 6 Stunden Länge kaum 20 Fuß Fall. Der Fluß tritt nun in ein engeres, steiler abfallendes Terrain, Fig. 104 mit S' bezeichnet, woselbst die Stromschnelle beginnt, welche ihn den Fällen zuführt. Hier fällt sein Bette auf 1000 Fuß ungefähr 10 Fuß. Die Fälle selbst sind 150 Fuß senkrecht; das Wasser stürzt in zwei Arme getheilt herab. Der eine Fall von 1800 Fuß Breite führt den Namen der Hufeisenfall; die dann kommende Insel ist ebenfalls etwa 1800 Fuß breit, und es folgt nun der 600 Fuß breite Amerikanische Fall. Unterhalb der Fälle ist das Thal eine tief eingewaschene Spalte mit fast senkrechten Seiten, an deren Fuße sich nur eine sanfte Böschung von angeschwemmten Massen findet. Diese Thalschlucht hat eine Länge von 35,000 Fuß und ist nicht ganz so gradlinig, wie sie sich auf unserer Fig. 105 darstellt. In der Schlucht fällt der Fluß etwa 100 Fuß; dagegen dort, wo er in der Ebene, zwischen Queenstown und dem Ontariosee, sich in weiten Bogen noch etwa 40,000 Fuß fortbewegt, nur etwa 4 bis 5 Fuß. Die Spalte von 35,000 Fuß Länge hat der Strom in das Gestein eingewühlt; es sind, in Geröllen und andern Restern, Beweise genug vorhanden, daß er ehemals über die Hochebene floß. Damals dehnte sich der Eriesee bis an die Kante des senkrechten Absturzes über Lewiston aus. Der herabstürzende Wasserstrom untergrub durch seinen Kessel die festeren Felsmassen; rascher, wenn der Kessel im Thonschiefer lag, langsamer, wenn er im Kalkstein ausgetieft werden mußte; es entstanden überhängende, schließlich einstürzende Wände. In den Jahren 1818 und 1828 wurden solche Felsbrüche in den Niagarafällen beobachtet, welche die ganze Umgegend erschütterten; dadurch bekamen die Wasserfälle ein ganz anderes Ansehen, sie wichen bedeutend nach Süden zurück. Innerhalb 40 Jahren sollen die Fälle etwa 80 Fuß rückwärts gegangen sein; da diese einschneidende Wirkung derselben jedoch nach dem Gesteine veränderlich ist, so wird man für das Jahr durchschnittlich etwa einen Fuß Abnagung annehmen dürfen. Zur Austiefung des spaltenartigen Thales unterhalb der Fälle wäre dann ein Zeitraum von 35,000 Jahren erforderlich gewesen, und nach 70,000 Jahren etwa wird der Eriesee erreicht sein.

Auch anderwärts ward die Austiefung der Thäler begünstigt durch quer sie durchschneidende, treppenartige, den Fluß aufdämmende, Stromschnellen und Wasserfälle veranlassende Absätze. Viele deutsche Ströme und Flüsse, in deren Thälern alte Flußgrandlager in oft beträchtlicher Höhe über der jetzigen Thalsohle gefunden werden, bestätigen dies.

Alle fließenden Gewässer transportiren abgeriebene Gesteinmassen als Geröll, Sand und feinen Schlamm; wir erkennen dies an ihrem getrübten Zustande während der Regenzeit und der Hochfluten. Aber selbst wenn sie uns klar erscheinen, tragen sie große Mengen feinsten Schlammes ins Meer; die an ihren



Buchan's Insel im Exploits-Flusse auf Newfoundland.

Buch der Geologie. I. Bd. 2. Aufl. S. 170. Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

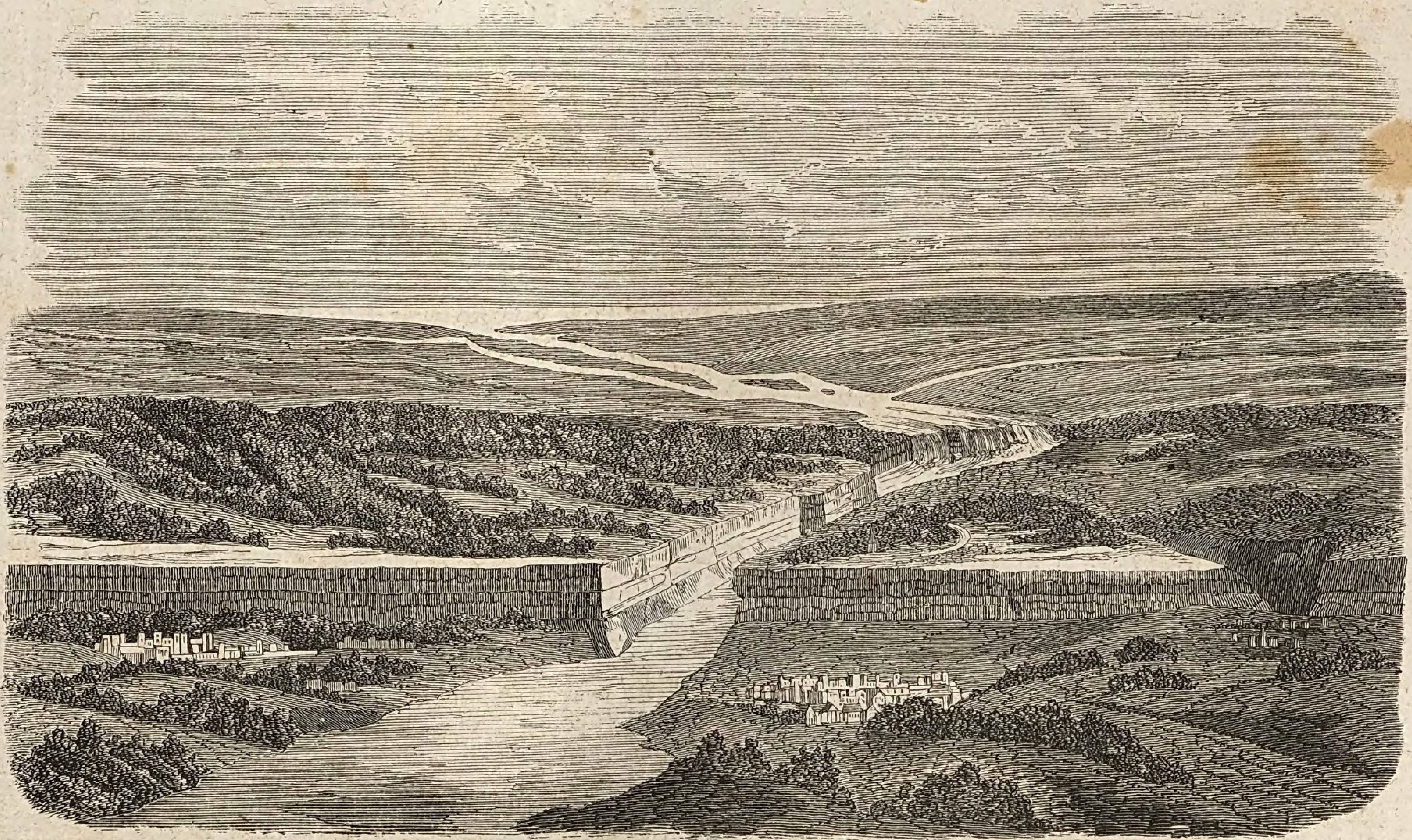


Fig. 105. Der Niagarafall aus der Vogelperspektive.

Mündungen abgelagerten Anschwemmungen, Delta's genannt, zeugen davon. Nur bei wenigen Flüssen hat man über die Schlammmassen, welche sie bei klarem Zustande mit fortführen, direkte Beobachtungen angestellt. Der Rhein transportirt, um nur ein Beispiel zu nennen, täglich 5200 Kubikmeter aufgespülten Schlamm bei Bonn vorüber. Da das Stromgebiet des Rheines ca. 4700 Quadr.-Meilen umfaßt oder etwa $0._{026}$ der Gesammtfläche Europa's bildet, so berechnet sich daraus, angenommen die übrigen Bäche und Ströme dieses Festlandes bewegten nicht mehr feste Stoffe als der klare Rhein, daß innerhalb 500 Jahren sämmtliche europäischen Flüsse ein Schlammhaufwerk in die Meere führen, aus welchem ein Kegelberg von $2^1/_4$ Quadr.-Meilen Grundfläche und 3000 Fuß Höhe, etwa wie der Brocken des Harzgebirges, gebildet werden kann.

Aber auch das große, dem Festland sich geschmeidig anschmiegende Weltmeer nagt beständig an den Gesteinen; es spült und bricht ab, wenn es in regelmäßig wiederkehrender Flutwelle die Küsten erklimmt und während der Ebbe sich zurückzieht; mehr noch, wenn es der wogende Luftocean im Sturm und Gewitter brandend an die Felsgestade wirft. Die Geschwindigkeit der anprallenden Bewegung giebt dem Wasser eine felszerstörende Kraft. Unterspülungen der Küste, wie nebenstehende Fig. 106 sie darstellt, Ausspülungen, wie sie Fig. 97 und die Abbildung Fig. 28 verdeutlichen, sind die Wunden, welche das tosende Meer wie ein wild empörtes Ungeheuer der Erdfeste schlägt. Durch die schaukelnde Woge in rollende Bewegung gesetzt, runden sich Felstrümmer zu Geschieben (Geröllen) ab und zermalmen selbst wieder ihre Unterlage, zerreiben wie die Quetschsteine einer Glasurmühle Muscheln, Pflanzen und Gesteinbruchstücke zu einem feinern Schlamm, den die zurückweichende Ebbe ins tiefere Meer entführt. Solche Zerstörungen der Küstenstriche sind, besonders wo Bodensenkungen sie unterstützen, wie an der deutschen Nordseeküste, auf Helgoland, nicht unbeträchtlich. Das Meer begräbt mitunter plötzlich ganze Landstriche unter seinen Wogen; auf dem Festlande im süßen Wasser gewachsene Torflager, Wälder und Fluren, Städte mit ihren Bewohnern werden von der salzigen Flut überrascht und verschlungen.

Das Festland würde der zerstörenden Wirkung des bewegten Wassers erliegen und ganz vom Meere bedeckt werden, wenn demselben nicht, wie allen andern Dingen, in sich selbst eine Schranke gezogen wäre. Das Wasser, indem es die Felsgesteine benagt und zerstört, nimmt Theile derselben in Lösung in sich auf und führt sie im Meer zusammen. Das Meerwasser, der Schwere folgend, dringt in die Erde ein und gelangt zuletzt in solche Tiefen, in denen die Erdwärme und der Druck jene Lösungen aufhebt, indem sich neue Mineralien aus den schon vorhandenen und den durch das Wasser zugeführten Stoffen entwickeln. Hierdurch entstehen die Vulkane und ihre Laven; solche immerwährende Stoffzunahme in den Tiefen bewirkt die immerwährenden langsamen Hebungen der Erdfeste. Die Erde wächst, vom Wasser gespeist, an solchen Punkten von innen heraus zu Ländern mit hohen Gebirgen an, die später im ewigen Kreislauf wieder vom Meere verschlungen werden sollen. Die Schlamm- und Geröllmassen, welche das Meer vermischt mit Thier- und Pflanzenresten in seinen Tiefen schichtenweise absetzte, werden durch jene Hebungen

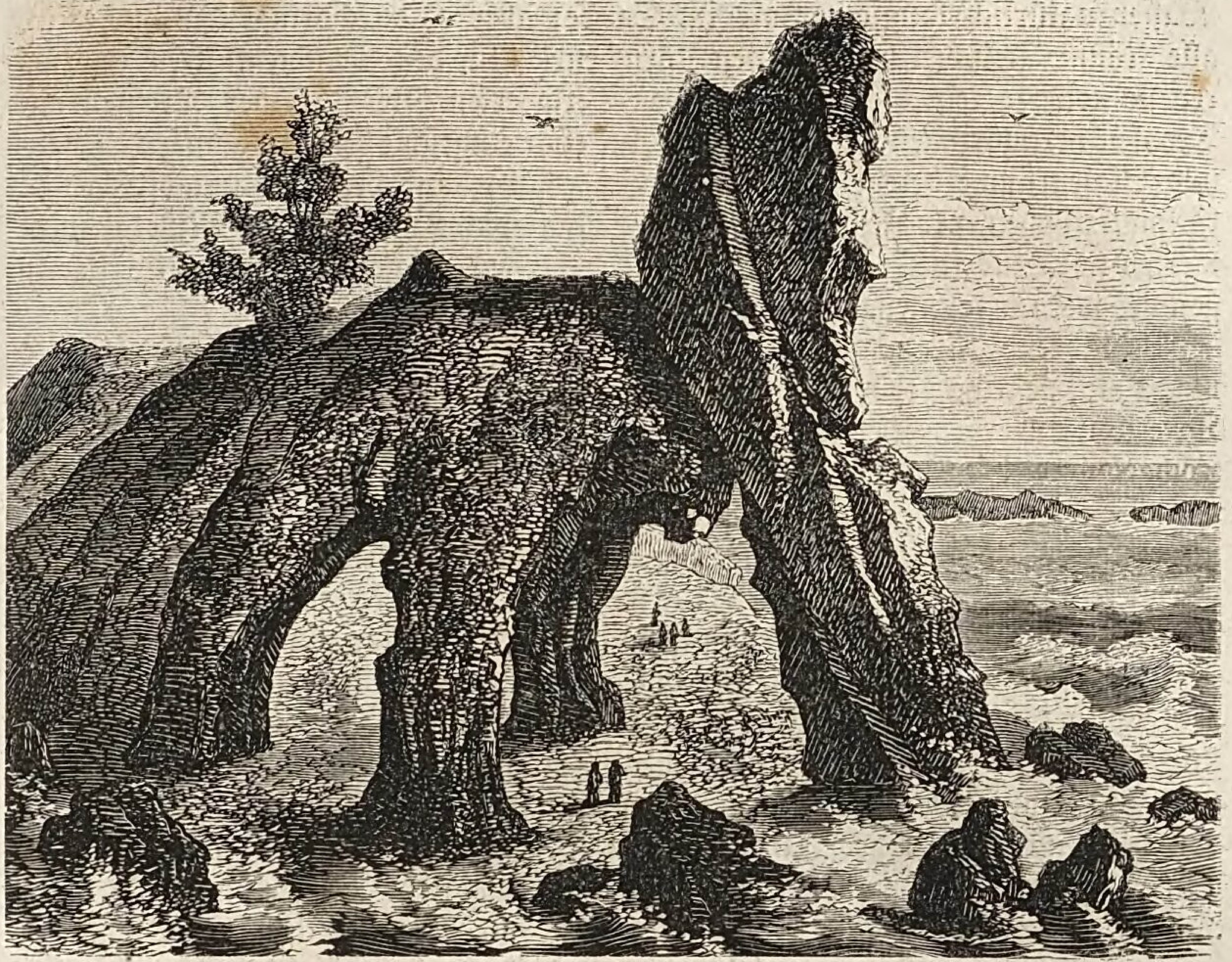


Fig. 106. Auswaschungen an der Felsenküste von Tsukara.

selbst an das Licht der Sonne gefördert, und so beraubt sich das Meer selbst seiner Kinder und giebt der Feste seine aufgehäuften Schätze zurück. Umgestaltet, aufs Neue zubereitet für die Entwicklung des Pflanzen- und Thierlebens, ersetzt es, was es zerbrach, in einer neuen Form, an einem neuen Orte. Auch die wälzende Welle treibt Sand und Schlamm vor sich her an den flachen Strand. Sobald die zurücksinkende Ebbe den Strand entblößt, die Sonne den Sand trocknet, erfaßt der Wind jene leicht beweglichen Massen und treibt sie landeinwärts. Aber der Hauch der Lüfte vernichtet dadurch das üppige Pflanzen- und Thierleben, indem er es unter den Dünensand begräbt.

Das Wasser durchdringt die ganze Erdrinde, soweit der Mensch sie kennt; es ist dabei in immerwährender Bewegung und wird entweder durch Quellen oder als vulkanische Ausdünstung wieder an die Oberfläche geschafft. Neben den Flüssen und Strömen bewegt sich Wasser im Kies und Sande der Thalebene fort, der größern Widerstände wegen fließt dieses Wasser aber langsamer als das im offenen Flußgerinne. Dies wird besonders bei Hochfluten, welche nur einen kleinen Theil des Thalbettes berühren, ersichtlich, indem erst nach Verlauf einiger Tage der Wasserstand in entfernteren Sinkbrunnen steigt oder entferntere Keller sich von unten her mit Wasser füllen. Im Thone bewegt sich das

Wasser natürlich langsamer als im Sande; aber es durchdringt ihn und erfüllt alle Räume zwischen seinen feinen Körnchen. Auf den Schichtenklüften, und wären sie noch so fein, sehen wir in den Bergwerken öfters Wasser Tropfen nach Tropfen herausrinnen; im festen Gesteine sind eingeschlossene Höhlungen, Drusen und Blasenräume gewöhnlich mit Wasser erfüllt; auf den Spaltungsflächen der Glimmerflächen, der Feld=, Kalk= und Schwerspathe und anderer Mineralien bemerken wir dendritische Anhäufungen von Stoffen, welche nur durch Wasser zugeführt werden konnten.

Während das Wasser die Felsmassen durchdringt, löst es Stoffe auf, es macht die Gesteine porös, es trägt die aufgenommenen Bestandtheile von einem Orte zum andern. Der Mineralgehalt aller Quellwasser, der sich so oft in den Kochgeschirren als Kesselstein kenntlich macht, der Mineral= und Salzgehalt der Flüsse und des Meeres rührt daher. Manche Bäche und Flüsse führten durch die chemische Analyse nachweisbare Mengen metallischer Theile, als Kupfer= und Eisenvitriol und andere Metallsalze. Alle enthalten Kalk, Magnesia, Kochsalz, Kiesel, Thon u. s. w. Das Rheinwasser führt so in klarer Auflösung in je 100,000 Kubikfußen 39 Pfund Kochsalz, 195 Pfund Gyps, 156 Pfund schwefelsaure Magnesia, 508 Pfund kohlensaure Kalkerde, 70 Pfund kohlensaures Eisen= und Maganoxydul, 258 Pfund kohlensaure Magnesia, 98 Pfund Kieselerde, 117 Pfund Thonerde, 354 Pfund organische Substanz, also in Summa 1795 Pfund oder 12 Kubikfuß, das heißt im Laufe eines Jahres etwa 288 Millionen Kubikfuß feste Substanz dem Meere zu. Nehmen wir die Zusammensetzung des Rheinwassers als Maßstab an, so würden jährlich dem Meere etwa $^{36}/_{100}$ Kubikmeilen feste Substanzen im Zustande der Auflösung zugeführt, und da dabei ungefähr 1 Billion Centner Kochsalz sind, der ganze Ocean aber 830,000 Billionen Centner Kochsalz enthält, so würde erst nach Verlauf von 830,000 Jahren der Salzgehalt des Meerwassers verdoppelt werden. Da nun aber beständig Kochsalzausscheidungen durch Verdunstung an den Küsten, durch Verbrauch bei den vulkanischen Erscheinungen und andere chemische Hergänge im Erdinnern stattfinden, so wird, wie es scheint, der Salzgehalt der Meere stets auf einer gleichen Höhe gehalten.

Die Untersuchung des Mineralgehaltes der Quell= und Flußwasser ist für den Ackerbau sehr wichtig, denn das die lockern Bodenschichten durchsickernde Wasser führt den Pflanzen die zu ihrer Ernährung erforderlichen erdigen und alkalischen Stoffe in der am besten vorbereiteten Form zu; wir sehen dies deutlich an dem üppigen Gedeihen der Vegetation auf Sand= und Kiesboden, welcher von dem Stauwasser der Flüsse durchfeuchtet wird, an dem kräftigen Wachsthum des Grases auf bewässerten Wiesen.

Hieran schließen wir noch einige Bemerkungen über die Zerstörungen der Gesteine durch Nebel und Frost.

Der in der Atmosphäre schwebende Wasserdunst, der Nebel und die Wolken wirken mit einer unwiderstehlichen Gewalt auf die härtesten Felsmassen ein. Es ist durch viele Thatsachen erhärtet, wie der Wasserdunst, indem er die Gesteine durchdringt, die festesten Verbindungen in denselben löst und Körnchen nach Körnchen

abbröckelt. An den Sandsteinfelsen des Meißner Hochlandes, deren einen Fig. 107 darstellt, hat von Gutbier eine große Anzahl von Thatsachen beobachtet, aus denen erhellt, wie der unter den Felskronen schwebende Nebel, namentlich an waldigen Gehängen, die senkrechten Wände in ähnlicher Weise angreift, wie der Mauerbrecher die Festungswälle. Es wittern allmälig tiefe Ausbuchtungen am Fuße der Felsmauern ab, und endlich stürzen vom Uebergewichte losgebrochen die hocherhabenen Häupter zu Thale. Auch anderwärts wurden dergleichen Felsbrüche als Folge von Dunst- und Nebeleinwirkung schon mehrfach beobachtet; es entstehen, wenn verschieden feste Sandsteinschichten übereinander liegen an den Thalgehängen altanartige Vorsprünge des obern festern Felsens, unter welchem das thonige Gestein herausbröckelte, da es leichter Wasser aufnimmt. Dadurch werden an freistehenden Felspartien große tischartige Gestalten hervorgebracht, welche den bereits oben bildlich dargestellten Gletschertischen (Fig. 100) gleichen. Auch hier bricht endlich das obere Gestein herab. Dies führt uns zu einer kurzen Erwähnung der Erdschlüpfe und Felsstürze.

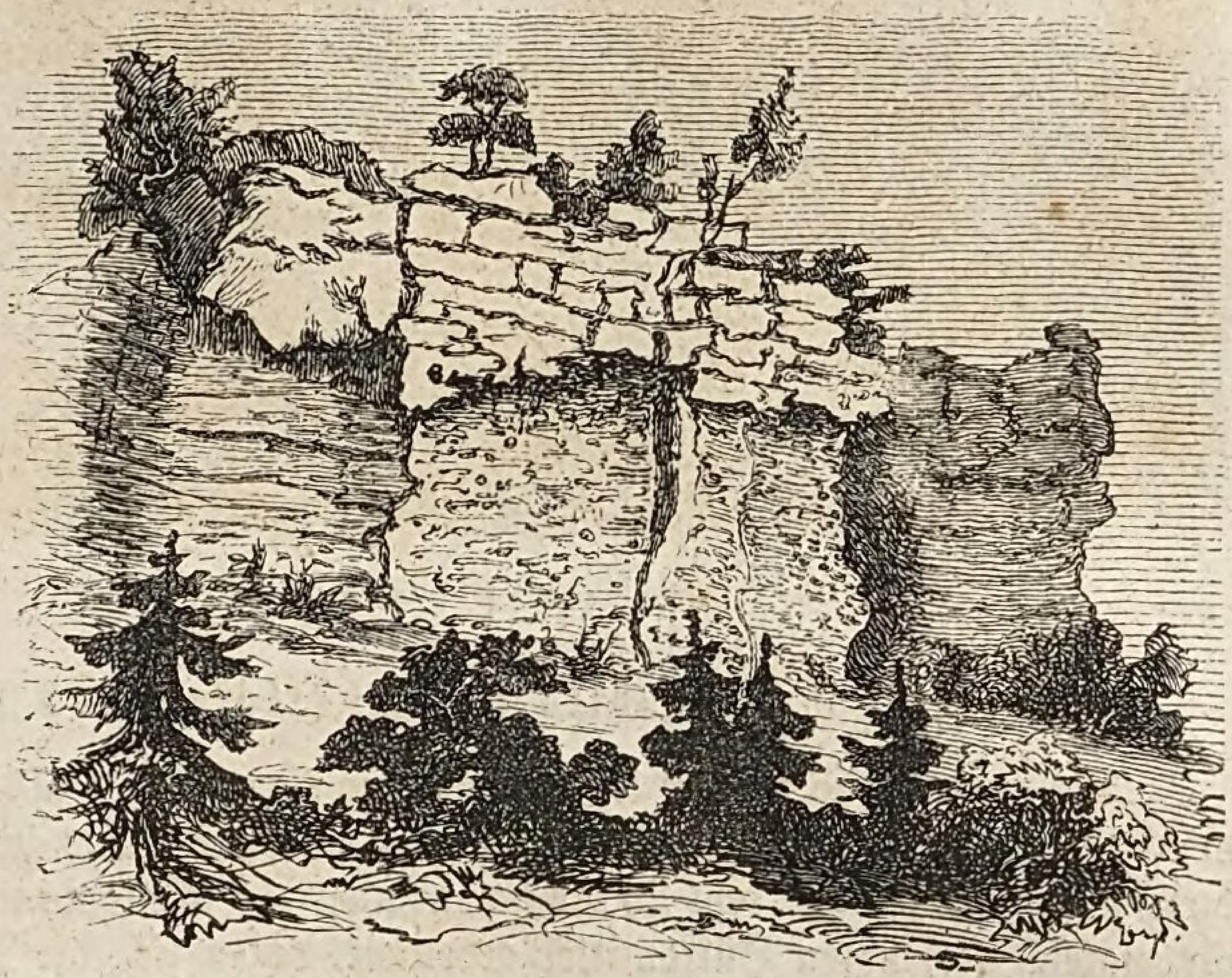


Fig. 107. Wand mit Verwitterung bei Rosenthal.

Die Feuchtigkeit der Wolken, Regen und Schneewasser sickern durch die Felsgesteine bis auf thonige Lager ein und veranlassen dadurch bei steilerer Schichtenstellung ein Abrutschen der obern Wände. Wo der Frost das eingesickerte Wasser ausdehnt, zerbrechen die festesten Gesteine in größere und kleinere Bruchstücke. Fallen solche Bruchstücke in die durch den Frost geöffneten Spalten, so werden die vordern Felspartien allmälig weiter und weiter an die Abhänge geschoben, bekommen endlich das Uebergewicht und rollen zu Thale. Sie springen dabei in weiten Sätzen über das Gehänge und begraben Wohnungen, Flur und Wald. In der Schweiz und den Apenninen ereignen sich solche Erdschlipfe und Felsbrüche öfters; als sehr verheerend ist der von Goldau am Rigi bekannt, sowie in neuerer Zeit der von Felsberg.

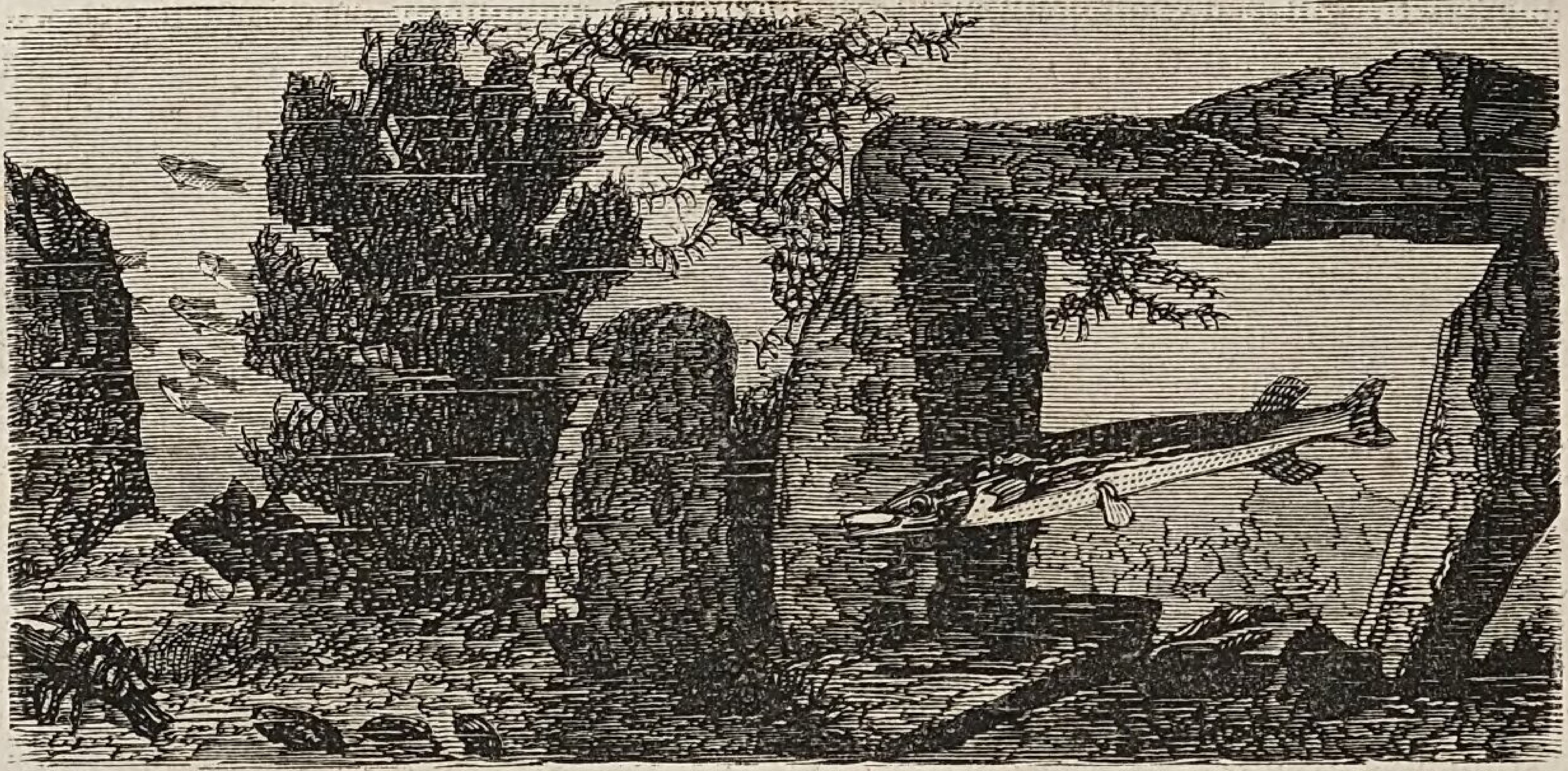


Fig. 108. Süßwasserbildung im Flußbette der Rhone.

C. Die Gestein-bildende Thätigkeit des Wassers.

Nachdem wir so in der Kürze das bewegte Wasser als Gestein- und Felszerstörendes Element kennen gelernt haben, wenden wir uns zu der Betrachtung der Thätigkeit desselben bei dem Wiederaufbau der Gesteine und Felsarten, wobei wir zugleich derjenigen Hülfsmittel gedenken, deren sich die Natur hierzu bedient.

1. Wasser und Pflanzen als Felsbildner.

Auf die Mitwirkung der Pflanzen bei der Abscheidung der im Wasser aufgelösten Mineralien, namentlich des Kalksteines, des Dolomites, der Kieselerde und des Kohlenstoffes ist im ersten Abschnitte, bei den Niederschlaggesteinen, schon hingewiesen worden, es bleibt uns hier nur noch übrig, einiger Thatsachen zu gedenken, welche still und geräuschlos unter unsern Augen vorgehend, den Umfang dieser Thätigkeit klar machen.

Die Kalkerde ist im Wasser auflöslich, wenn sie sich mit doppelt so viel Kohlensäure verbunden hat, als sie in der bekannten Form des Kalksteines enthält; auch die Bittererde, das Eisen- und Manganoxydul sind als solche Bikarbonate leicht löslich. Sie kommen so in vielen Quell- und Flußwassern vor, woneben jedoch alle die genannten Substanzen auch als leicht lösliche schwefelsaure und salzsaure Salze auftreten. Die Bikarbonate werden vorzugsweise durch Pflanzen, welche ganz oder größtentheils im Wasser eingetaucht wachsen, zerlegt, indem jene Pflanzen die Hälfte der Kohlensäure an sich ziehen und die einfach gekohlensäuerten Erden und Metalloxyde aus der Lösung niederschlagen. Vorzugsweise betheiligen sich hierbei die mikroskopisch kleinen Diatomeen, die grünen Wasserfäden, die Schleimalgen, Conferven und mancherlei Wassermoose. Die ausgefällten, kohlensauren Erden bedecken jene Pflanzen mit feinen, unter dem

Mikroskope deutlich erkennbaren Krystallen, die zu festern Rinden zusammenwachsend die Formen jener leicht zerstörbaren Wesen im Abgusse für Jahrtausende aufbewahren.

Alle im Wasser liegenden Gerölle, Muschelschalen, Pflanzenreste und Thierleichen überwachsen mit Rasen von Vaucherien, Armleuchterarten und anderen; es wuchern langfadige Conferven darauf, welche Rinden von eisenschüssigem, bittererdehaltigen Kalkstein niederschlagen, die sich entweder als concentrischschalige Knollen oder als locker übereinander gehäufte Röhrchen darstellen. Die Knollen hat man mit Korallen verglichen und Nulliporen genannt, die Röhrchen sind öfters für Gehäuse von Weichthieren angesehen worden, bis die Entstehung beider Bildungen in den kalkhaltigen Salzwassern von Nauheim und den Kalktuff absetzenden Quellen von Ahlersbach im Spessart durch direkte Beobachtung nachgewiesen wurde. Das Quellwasser von Ahlersbach enthält in 1000 Pfund nur $1/2$ Pfund kohlensauren Kalk gelöst; es rinnt über eine steile, bemooste Fläche zu Thale. Das Moos schlägt den Kalkgehalt nieder und versteinert an den Wurzeln, während es an den Spitzen weiter grünt. Es entstanden so mit der Zeit dicke Schichten von Kalk, welche die Formen der Moosstengel umschließen, zwischen denen Gehäuse von Landschnecken und allerlei Pflanzenblätter begraben liegen. Die Bildung wächst jährlich nur um einige Linien in der Dicke. Ganz ähnliche Kalktuffmassen finden sich an vielen Punkten der Erde, sie hängen oft als hervorstehende Felsrücken an den Thalgehängen herab und sind stets durch die Abwesenheit von Wasserschnecken als Festlandgebilde gekennzeichnet. Sehr oft geht aber die Kalkausscheidung durch Wassermoose und Conferven auch im Sumpfe vor sich, wo dann die röhrenförmige Kalktuffmasse voller Sumpfschnecken steckt. Die wunderschönen Landschaften, welche Tausendblattarten, Hornblatt, Wassersterne, Laichkräuter neben den genannten Armleuchtern und andern Kryptogamen in unsern Sümpfen unter Wasser bilden und welche in ihrer Weise die Tanglandschaften auf dem Meeresgrunde vertreten, — sie erhalten für uns noch eine ganz andere Bedeutung durch die chemischen Vorgänge, welche sie einleiten. Solche Vorgänge können vielfältig in der Nähe der Sauerwasserquellen in der Wetterau (bei Groskerben) und anderwärts beobachtet werden. In tausend Theilen des Nauheimer Salzwassers sind 1 bis $1^1/_4$ Theile kohlensaurer Kalk enthalten. Dieses Wasser wird in einem langen Graben nach einem tiefen Bassin geleitet. Ueberall wuchern in dieser Leitung Diatomeen und Conferven, welche den Kalk, das Eisen- und Manganoxyd ausfällen und zu Ueberrindungen mit Röhrenstruktur oder von der Form der Nulliporen vereinigen. Wenn die Conferven, wie alle Pflanzen, beim Sonnenlichte aus der aufgenommenen Kohlensäure den Sauerstoff ausscheiden, so sammelt sich dieser in Millionen Bläschen auf dem Boden der Wasserleitung, woselbst ihn die Pflanzenfilze festhalten. Die silberglänzenden Luftbläschen bedecken sich rasch mit einer Pflanzenhülle, auf welche abermals Kalk ausgeschieden wird; es entstehen Hohlkugeln von Kalkstein, sogenannte Erbsensteine. Das aus dem Bassin abfließende Salzwasser enthält fast keinen kohlensauren Kalk mehr; aber es hat auch an Bittererde etwas verloren,

welche, anfangs als salzsaure Bittererde (Chlormagnesium) vorhanden, durch chemischen Austausch zu kohlensaurem Salze geworden ist und sich mit den Kalkniederschlägen zu Dolomit vereinigt hat. Die Nauheimer Quellen erzeugen jährlich über 16,000 Kubikfuß solcher Kalk= und Dolomitgesteine, die, wenn die Bildung langsam erfolgt, die Dichte des Marmors erhalten. Sie liefern innerhalb 1000 Jahren den Stoff zu einem Kalklager von einer achtel Meile Länge und Breite und 2 Fuß Dicke.

In der Auvergne sind Kalktuffbildungen, wie die so eben beschriebenen, sehr häufig; die Quellen von St. Allyce bei Clermont haben sich auf diese Weise eine Brücke über einen Bach gebaut. Fig. 108 am Anfange dieses Abschnittes stellt eine Kalktuffbildung vor, welche am Boden eines Flusses sich über Conferven entwickelt hat. Auch anderwärts, ja überall wo Kalkkarbonat enthaltendes Wasser über Conferven und Wasserpflanzen rinnt, entstehen solche Kalktuffe; sie entstanden, so lange es Pflanzen auf Erden gab, und wir finden deshalb Confervenkalke in allen Kalksteinformationen. In den jüngern sind sie noch sehr deutlich erkennbar, in ältern dagegen ist die feine Pflanzenstruktur öfters durch eingeseihte Stoffe verwischt; sie tritt aber beim Anschleifen nicht selten noch kenntlich hervor. Die Confervenkalke enthalten sehr oft den von jenen Pflanzen zurückgelassenen Kohlenstoff, welcher sie dunkel färbt.

Die Diatomeen scheiden aus dem Wasser Kieselerde ab, welche sie zu ihrer Rinde verbrauchen. Diese mikroskopischen Pflänzchen, deren Kenntniß wir vorzüglich Ehrenberg und Kützing verdanken, vermehren sich durch Theilung so unglaublich rasch, daß aus einem einzigen und dessen Sprößlingen innerhalb weniger Tage mehr als Billionen hervorgehen können. Daher ist denn auch erklärlich, wie ein so kleines Geschöpf, manche erreichen kaum die Größe von $^1/_{1500}$ Linie, eine so große geologische Bedeutung erlangen kann. In der Ostsee wachsen Diatomeen in solcher Menge, daß aus dem Hafen von Wismar jährlich 17,500 Kubikfuß derselben ausgebaggert werden müssen, um ihn vor dem Verschlämmen zu bewahren. Wie ungeheuer ist die Anzahl dieser Pflänzchen, denn es gehen etwa 70 Billionen auf jeden Kubikfuß. In den brandenburger Seen vermehren sich diese Geschöpfe ebenfalls in ungeheurem Maße, ihre Kieselgerippe, vermischt mit Sand und Kalkschlamm, bedecken den Boden viele Fuß hoch. Die Ebene von Magdeburg bis Stettin ruht auf einem Kieselguhrlager (Diatomeengerippen), welches 20 bis 80 Fuß Dicke erreicht, und da, wo es durchfeuchtet ist, noch beständig fortwächst, so daß sich diese Ebene stellenweise noch immerwährend, wenn auch langsam erhöht. In manchen Torfsümpfen nehmen die Diatomeen so rasch zu, daß die Moos= und Rasendecke, welche den Sumpf überwuchert hat, aufspringt und die weiße Kieselguhr an die Oberfläche quellen läßt.

Auf dem Boden der Meere finden sich überall feine Schlammabsätze, welche ausschließlich durch Diatomeen und Foraminiferenschalen gebildet sind. Diese winzigen Formen erscheinen aber auch schon in den ältesten Gesteinsformationen der Erde; sie haben, so lange es Wasser giebt, die aufgelöste Kieselerde in organische Formen gebracht und zu festem Gesteine gefällt.

Wie die Pflanzen behülflich sind, Kalkstein-, Dolomit- und Kiesellager hervorzurufen, so nehmen sie auch Antheil an dem Niederschlage von Schwefelmetallen, welche fast alle Sedimente durchsprengen. In dem Pflanzengewebe bilden Schwefellebern von Natron, Kali und Kalk nicht unwichtige Bestandtheile. Sobald diese Schwefellebern beim Verwesen der Pflanzen mit den im Wasser gelösten Metalloxyden in Berührung kommen, entstehen Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz u. s. w., die sehr oft in den Formen jener Pflanzen sich ansammeln und verkieste Versteinerungen darstellen. Direkte Beobachtungen dieses metallischen Niederschlages konnten am Meeresgestade und in Torfmooren angestellt werden. Wir sehen in ganz gleicher Weise gebildete Massen aber auch in den ältern und jüngern Thon- und Sandlagern, im Kalksteine und im Thonschiefer. Die meisten Kupfer-, Blei- und Schwefeleisen führenden Schichten verdanken gerade den kleinen in sie eingestreuten Pflanzen ihren Metallgehalt. War der Metallgehalt des Wassers auch noch so gering, die kleinen Pflanzen schlugen ihn nieder und sammelten ihn im Laufe der Jahrtausende an, machten ihn fest und bereiteten dadurch dem Menschen die Gelegenheit, ihn zu seinen Zwecken auszubeuten. Große und kleine Pflanzen aller Art legten und legen außerdem ihre ganze Masse in die Gesteine nieder. Sie mischen sich dem Gesteine bei und ertheilen ihm eine dunkele Färbung, vermitteln bei ihrer Verwesung manchfache chemische Bildungen, namentlich Zurückführung oxydirter Stoffe in Metalle oder Umwandlung unauflöslicher Metalloxyde in auflösliche kohlensaure Salze. In vielen Sümpfen wachsen kaum beachtete niedrige Wasserpflanzen und Moose in unzähliger Menge nebeneinander; sie schwimmen auf der Wasserfläche, bis sie Samen tragen, alsdann zerplatzen ihre Luftgefäße, füllen sich mit Wasser, die Pflanzenfilze sinken zu Boden und werden allmälig vermodernd zu Torf. Der Dismal-Swamp in Virginien giebt einen lehrreichen Aufschluß über solche Bildung. Durch einen Erdfall ist dort ein Stück des viele Meilen ausgedehnten torfsumpfigen Urwaldes plötzlich 15 Fuß tief eingesunken; die Vertiefung füllte sich mit Wasser. Vom Ufer her stehen die Bäume, vorzugsweise Taxodien (eigenthümliche, im Sumpfe wachsende Nadelhölzer), allmälig tiefer und tiefer eingetaucht, bis sie inmitten des Sumpfes ganz fehlen. Hier liegen am Boden viele umgestürzte Stämme, zwischen denen Conferven, Wasserlinsen, Moose, Schilf und Gräser ihren Kohlenstoffgehalt ablagern. Samen und Früchte, Blätter, Blüten und Holz der benachbarten Bäume fallen in den Sumpf, der von der Tiefe aus allmälig mit Torf zuwächst. Auch Leichen von Thieren, welche im Sumpfe leben oder in ihm umkommen, sammeln sich in dieser jungen Kohlenbildung. Anderwärts in Virginien treffen wir schon mit Torf erfüllte Bassins derselben Art an; über die Ausfüllung wuchern Gras- und Moosarten; es wachsen endlich Sumpfcypressen, Taxodien darauf, die vor Alter oder durch Sturm umgebrochen ihr Holz zur Erhöhung des Kohlenlagers liefern. Auf den Höhen des Schwarzwaldes, der Voralpen und anderer deutschen Gebirgsgegenden können wir Torfbildungen beobachten, welche lebhaft an viele Braunkohlenlager erinnern. Auf feuchten Stellen siedeln sich zwischen Kiefern, Erlen und Birken eigenthümliche Moosarten (Sphagnum), Schilfgräser

und Farne an, welche rasch wachsend, an der Wurzel vermodern. Jährlich treiben neue Spitzen aus dem Moder des vorjährigen Mooses. Auch die Riedgräser spielen hierbei eine sehr wichtige Rolle in Gesellschaft mit den Wollbinsen (Eriophorum). Sie ragen gleich grünen Inseln aus den schwarzen Moorflächen hervor, sterben jährlich theilweise ab, vergrößern sich aber auch in gleichem Grade durch neue Schößlinge, frische Blätter und Blütenstengel. Flechten, Pilze, die Wurzeln, Nadeln, Blätter und Aeste der nahen Bäume vermehren das Haufwerk, welches allmälig zu einer hohen Schicht anwächst und endlich die in ihm stehenden Bäume umhüllt und erstickt. Letztere faulen dann ab und versinken in dem Torfe. Solche Moore, welche gänzlich über Wasser anwachsen, werden als Hochmoore bezeichnet. In Rußland und Sibirien, überhaupt in den Ländern der kalten Zone sind weite Flächen Landes von grauen Flechten und Moosen überzogen, die alljährlich an den Wurzeln absterben und nach oben neue Triebe ansetzen. Es entstanden daraus mächtige Torflager, welche in gleichmäßiger Dicke Tausende von Quadratmeilen überdecken. Gelangen solche Torfablagerungen wie an Englands, Frankreichs und Norddeutschlands Küsten in Folge allmäliger Erdsenkung unter Meer, so legen sich neue Sedimente von Sand und Thon darüber; es entstehen mit der Zeit, indem der Torf weiter zersetzt wird, Braun- und endlich Steinkohlenlager. Deshalb finden wir denn auch in allen Braunkohlenlagern so selten Stämme von Laubholzarten, deren Blätter und Früchte keine Seltenheiten darin sind, dagegen so viele Stämme von Kiefern, Cypressen und Taxodien. Nach Göppert rühren etwa 98 Procent aller bis jetzt beobachteten Baumstämme der Braunkohlenlager von Tannen und Cypressen her, und nach unsern Beobachtungen sind viele Kohlenlager untergegangene Hochmoore, alle aber ehemaliger Torf. Eigentlich angespülte, angeschwemmte Kohlenlager, d. h. solche, zu denen die Pflanzen zusammengeschwemmt worden sind, finden sich nur sehr selten. Sie bestehen dann nur aus zerstoßenen Stämmen, sind sehr unmächtig, durch Schlamm und Gestein sehr verunreinigt und kaum bauwürdig. Die Stämme nahmen bei der Verwesung des Holzes sehr an Masse ab; sie mußten sich dabei abplatten. Legte sich endlich Gestein auf sie, so vermehrte der Druck diese Abplattung.

In sehr vielen Braun- und Steinkohlenlagern werden aufrecht stehende, mit den Wurzeln noch festsitzende Baumstämme gefunden, ein Beweis, daß jene Lager auf dieselbe Weise entstanden sind, wie heute im Dismal-Swamp oder in Hochmooren die Torflager entstehen. Geologisch wichtig ist die Beobachtung, daß alle bessern und mächtigeren Braun- und Steinkohlenablagerungen sich im süßen Wasser bildeten. Bei allen werden die unzweifelhaftesten Denkzeichen der Süßwasser- und Sumpfablagerung in zahlreichen Resten von Fluß und Sumpf bewohnenden Thieren aufgefunden. Die Braun- und Steinkohlenlager bezeugen sohin überall die Anwesenheit des Festlandes, welches allerdings in vielen Fällen später wieder unter das Meer herabsank, so daß sich auf den Kohlen Meeresabsätze ansammeln konnten.

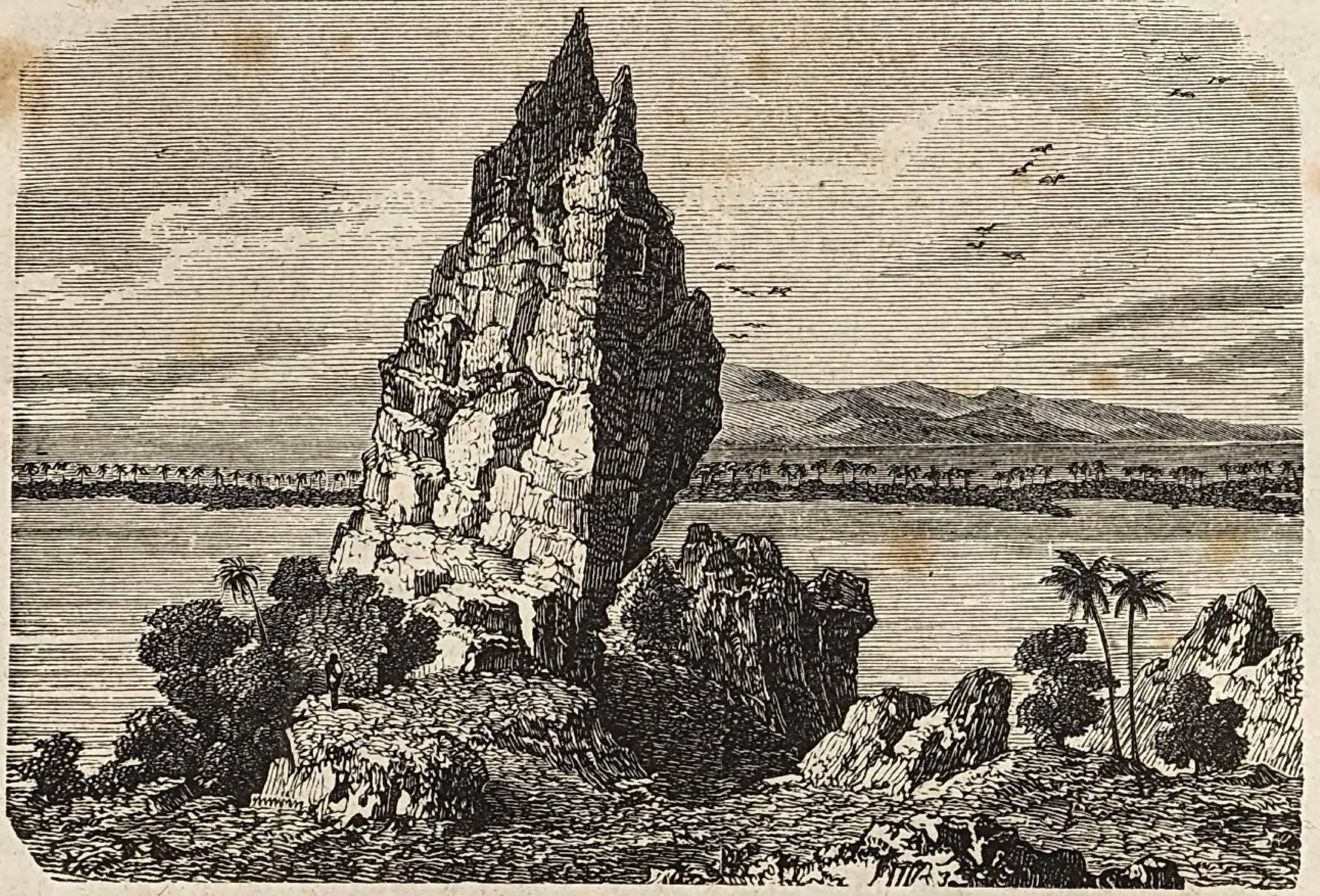


Fig. 109. Koralleninsel Bolabola.

2. Wasser und Thiere als Felsbildner.

Wie die kleinen und unscheinbaren Conferven, Moose und Diatomeen Kohlen- und Kalksteinlager erzeugen, so nehmen auch vorzugsweise ganz kleine, kaum beachtete Thierchen den bedeutendsten Antheil an der Felsbildung, und belehren uns, daß wir das dem Anscheine nach Unbedeutende nicht mit Geringschätzung ansehen dürfen. Wahrlich, es trägt oft mehr zur Erhaltung des Ganzen bei, als das mehr in die Augen Fallende. So unbedeutend das einzelne Geschöpf sein mag, es wird dennoch von Wichtigkeit, wenn es sich innigst mit den Verwandten vereint und so in den großen Kreislauf der Natur eingreift.

Die kleinsten Weichthiere, welche sich feste Gehäuse bauen, die zahllosen Arten der Foraminiferen oder Polythalamien (Löcherträger oder Vielgekammerte, so genannt, weil sie in durchlöcherten, vielgekammerten Schalen wohnen), bevölkern den Strand und die Hochsee in so ungeheurer Menge, daß ihre abgeworfenen Schalen oft dicke Schichten bilden. Zu ihnen gesellen sich am Strande die kleinen Schalenkrebse, welche durch ihre öfters abgeworfenen, kalkigen kleinen Muschelschalen gleichenden Gehäuse das Haufwerk vermehren; in dem hohen Meere die winzigen Creseïs-Arten (das Walfischaas), niedliche Schnecken aus dem Geschlechte der Pteropoden, welche ihre nadelspitzkleinen, kegelförmigen Schälchen in unsäglicher Menge auf dem tiefen Meeresgrunde zurück lassen.

Jede Handvoll Meeressand birgt zahllose der zierlichen Foraminiferen, deren kunstvoller, netter und schöner Bau die Bewunderung desjenigen erregt, welcher sie unter einer stärkeren Vergrößerung betrachtet. Wo wir sie finden im Thon, im Sande, im Sandsteine, im Kalke, in der Kreide, im Thonschiefer, da war ehemals Meer; wenn wir sie den Staub der Sahara bilden sehen, so erkennen wir, daß jene ausgedehnte Wüste vor Zeiten Meeresboden war. Wo die Schalen von Creseïs ausschließlich im Gesteine vorkommen, hat ehedem ein tiefes Meer gewogt, denn diese kleinen, allnächtlich aus den Tiefen an die Oberfläche steigenden Geschöpfe wählen zu ihrer Wohnstätte nur die Hochsee, wo kein anderes Muschelthier mehr leben kann, während andere ihres Geschlechtes, auch dem Strande näher schwimmend, angetroffen werden.

Festere Bauwerke führen die riffbauenden Korallen im Meere auf. Diese Strahlthiere bewohnen an den Meeresboden festgewachsene kalkige Gehäuse von den verschiedensten zierlichsten Formen, wie Bäumchen, Fächer, wie Moos und Flechtenwinden, aus denen sie in bunten Farben prangend, wie zierliche Blümchen hervorragend, ihren Raub erfassen und verschlingen. Das Korallenthier vermehrt sich wie alle niedern Thiere mit großer Schnelligkeit, woher es erklärlich ist, daß die riffbauenden viele hundert Quadratmeilen Fläche des Meeresgrundes überwachsen. Millionen Thierchen gehören dazu, um eine 6 Zoll dicke, eine Quadratruthe große Kalkplatte zu bilden; sie leben nur an der Oberfläche der Korallenstöcke, welche schon $^1/_2$ bis $^3/_4$ Zoll unter ihrer Außenfläche nur leere Zellen enthalten. Zur Anfertigung ihrer Gehäuse benutzen diese Thiere den Kalkgehalt (wol vorzugsweise den Gyps- und Chlorkalziumgehalt) des Meerwassers; sie werden sohin da am kräftigsten gedeihen, wo dieser reichlich vorhanden ist. Sie scheuen das süße Wasser und den Schlamm, weshalb sie nie in der Nähe von Flußmündungen, am liebsten im offenen Meere oder in einiger Entfernung vom Inselufer sich anbauen. Sie halten sich nur in geringern Tiefen, nie tiefer als 120 Fuß unter dem Meeresspiegel auf und wachsen am raschesten auf der dem offenen Meere zugekehrten Fläche, in der stärksten Brandung, wo ihnen die meiste Nahrung zugeführt wird. Hieraus findet die Form der Korallenriffe und der Umstand, daß zwischen ihnen und den von ihnen umgebenen Inseln stets ein ringförmiger Streifen freies tieferes Meer bleibt, seine Erklärung. In den Korallenriffen sind immer Oeffnungen und leere Zellen vorhanden, in denen sich Kalkniederschläge hervorrufende Conferven ansiedeln, in welche Gehäuse von allerlei Schnecken, Muscheln und anderen Seethieren gespült und im Confervenkalke begraben werden. Die Korallenbank wächst langsam — man beobachtete, daß auf einem versunkenen Schiffsrumpfe innerhalb zwanzig Jahren ein vier Fuß dickes Korallenriff entstand, — nach oben und erreicht den Meeresspiegel.

In dem Indischen Ocean sind die Malediven und Lakediven, in dem Australmeere die zahlreichen Inseln links und rechts der australischen Vulkaneneilande, in der Nähe Amerika's theilweise die Galapagosinseln und andere durch Korallen erbaut. Viele Korallenriffe sind nur 15 bis 20 Fuß, manche über 600 Fuß hoch, und letztere können nur dadurch entstanden sein, daß der Meeresboden auf

dem sich anfangs die Korallenthiere niederließen, langsam der Tiefe zusank. Wir versuchen dieses durch ein Beispiel zu erläutern. Es sei in Fig. 110 das Dunkelschraffirte eine Insel, welche über den Meeresspiegel a a in einer gewissen Höhe hervorragt. Der Meeresspiegel bleibt unverändert, die Insel aber sinkt allmälig mit ihrem Boden unter, so daß sie nach Verlauf einiger Jahrhunderte oder Jahrtausende nur noch mit ihrer Spitze über Meer hervorsteht und alsdann den Umfang und die Höhe hat wie das über a' b' b' a' hervorstehende Stück. Anfangs hatten sich an der Küste die Korallenriffe ab- und angesetzt, bei dem Tiefersinken der Insel erhöhte sich das ringförmige Riff und erreichte nach und nach die Dicke (Höhe) a a'. Es nahm dabei zugleich an Breite zu, und da die Korallen vorzugsweise an der Meerseite sich ansetzten, entstand der die Insel ringförmig umgebende Kanal, der Lagunenkanal c c. Das Korallenriff ward durch allerlei Bruchstücke, welche die Brandung auf dasselbe warf, über den Meeresspiegel erhöht, es wuchsen Palmen und andere Pflanzen auf demselben und es erschien nun das Ganze in einer Form, von der die Abbildung am Anfange dieses Abschnittes Fig. 109, das Koralleneiland Bolabola, eine Vorstellung giebt. In dem ring-

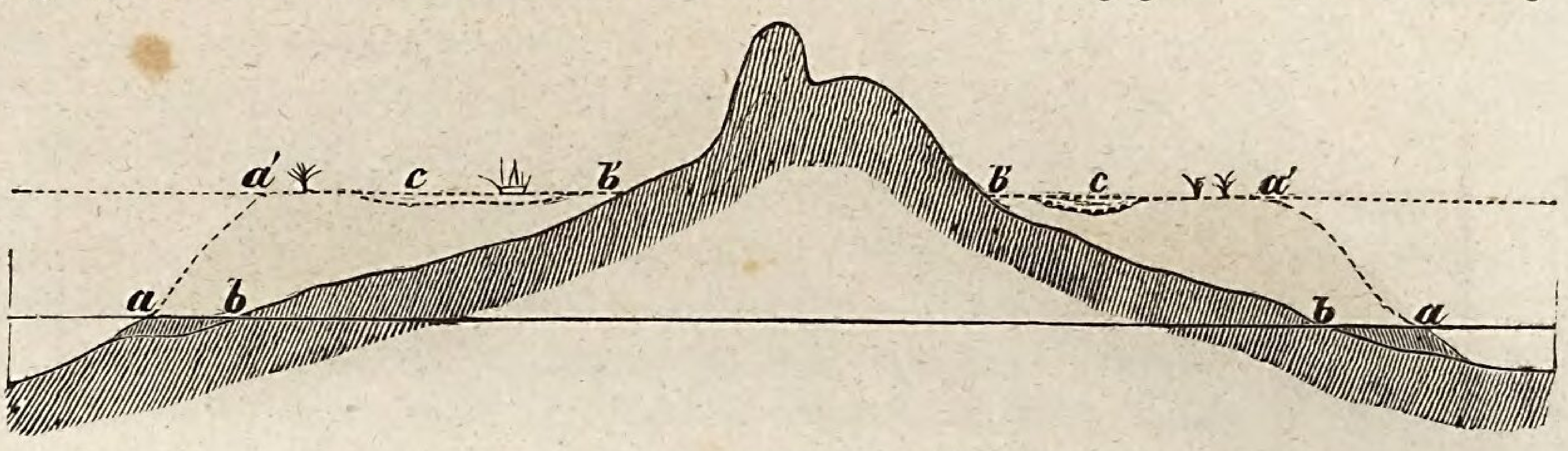


Fig. 110. Entstehung der Koralleninseln.

förmigen Lagunenkanale, dessen Wasser stets ruhig erscheint, während sich außen die Meereswellen in schaumiger Brandung brechen, leben viele Thiere, welche ihrer schwächern Schalen, ihres leichter zerstörbaren Körpers wegen den heftigen Wogendrang vermeiden; hier sammeln sich allerlei feine Schlammtheile zu Schichten an, zwischen welche die Leichen jener Thiere eingebettet werden. Es bildet sich so mit der Zeit wieder ein Zusammenhang zwischen dem Korallenriffe und der mittlern Insel heraus. Sinkt dagegen der Meeresboden auch dann noch ein, so taucht die mittlere Insel immer tiefer unter Meer und die Korallenthiere bauen ununterbrochen ihr Riff höher und höher. In Fig. 111 stellt die dunkel gehaltene Gestalt a' b' b' a' den Stand der Erscheinung vor, welchen wir vorher bei Fig. 110 verlassen haben. Sinkt die Insel tiefer, verschwindet ihre Spitze unter Meer, so daß sie endlich zum Meeresspiegel in der Lage erscheint, den die Linie a'' a'' anzeigt, so nimmt das Korallenriff die Ringform a' a'' a'' a' an; es überwächst die ganze Insel in Form eines Hutes, in dessen Mitte eine Lagune c' als ein kreisförmiges Atoll erscheint. Das Bild einer solchen Koralleninsel ist in Fig. 112, welche das White-Sunday-Eiland darstellt, gegeben. Auch hier hat die Brandung nach dem Stillstand der Senkung allerlei Schutt auf den Ring des

Korallenriffes geworfen; es sind herangespülte Samen zum Keimen gekommen, Kokospalmen krönen das ringförmige Eiland, in dessen Atoll allerlei kleine Meeresthiere leben. Steht das Atoll nur durch die Poren des Korallenriffes mit dem Meere in Verbindung, so können in ihm keine größern Meerthiere vorhanden sein; es wird also in dessen Kalkschlamme eine ganz eigenthümliche Thierwelt begraben. In vielen ältern und jüngern Gesteinsformationen, welche jetzt zum Theil in sehr hohen Gebirgszügen hoch über dem Meeresspiegel erhaben im Trocknen liegen, begegnen wir solchen Korallenriffen, deren Dicke oft mehrere hundert Fuß beträgt. Sie sind zwar auf sinkendem Meeresgrunde gewachsen, aber eine spätere Hebung hat sie endlich in ihre jetzige Lage gebracht. Solche an ihrer Unterlage festgewachsene meilenlang und breit ausgedehnte Korallenriffe der ältern Gesteinsformationen sind nicht angespült, sie sind der Erfolg einer innern Selbstentwickelung, der Vorgänge, welche heute noch die Küsten Schwedens und Chili's allmälig aus dem Meere emporheben.

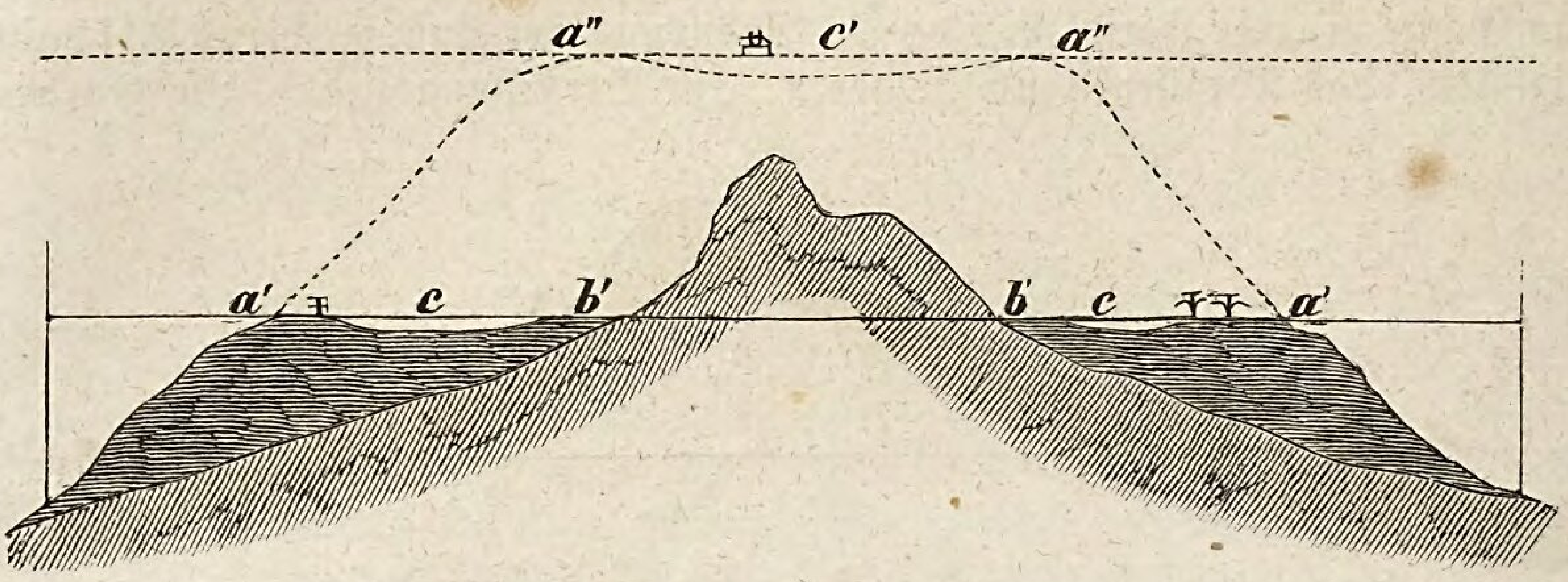


Fig. 111. Entstehung der ringförmigen Koralleninseln.

Außer den Korallenthieren betheiligen sich auch noch sämmtliche Muscheln und Kalkschalen bauende Weichthiere an der Ausfällung des dem Meere durch die Flüsse zugeführten Kalkes. Wir finden am Strande, in Sand und Schlamm eingegraben vielerlei Muschelthiere, welche ihr ganzes Leben lang an ihrem Wohnorte verbleiben und nach ihrem Absterben ihre Schale daselbst zurücklassen; wir sehen ferner Austern und andere Muscheln so fest an den Boden des Meeres angeheftet, daß sie nie ihren Standort verlassen können. Wieder andere Muscheln, Schnecken und Weichthiere schwimmen und kriechen am Strande oder auf flachem Meeresgrunde umher; auch ihre Gehäuse kommen in den Absatz des Meerwassers oder bilden, am Strande zusammengespült und überwachsen von Kalk abscheidenden Conferven, aneinander gekittet, feste Muschelconglomerate. Endlich sinken die Schalen der die Hochsee oder ruhige Lagunenkanäle bewohnenden Nautiliten und Creseïs in den Schlamm des Meeresgrundes herab, oder werden einzeln vom Sturm an die Ufer getragen. Solcher Weise finden wir in den Sand-, Sandstein-, Kalk- und Thonablagerungen der heutigen Meere ganz verschiedene Thierformen niedergelegt, je nachdem sie am Strande, auf Untiefen, in tiefern Buchten, auf dem Boden der Hochsee niedergeschlagen und entstanden sind;

und nachdem wir die Verbreitung der Weichthierarten in den Meeren genauer kennen gelernt haben, erwarten wir in den Hochseegebilden nicht mehr dieselben Muschel- und Schneckenschalen, welche uns in den Strand- und Untiefengebilden begegnen. Wo Ströme in das Meer einmünden, da sind den meerischen Thierformen außerdem noch andere, dem Meere fremde beigemengt; denn Süßwasser- und in den Strom gefallene Landbewohner wurden zugespült. An den Flußmündungen finden sich Wasserbassins, in denen sich das stark gesalzene Meerwasser mit dem süßen Wasser der Flüsse zu Brackwasser mischt; in diesen brackischen Lagunen, Haffen und Aestuarien wohnen und leben wiederum andere Schnecken und Muscheln, als im Meere oder in den Flüssen, Seen und Sümpfen des Festlandes; somit füllen sich die in diesen Wasserbecken entstehenden Absätze auch mit Resten anderer Thiergestalten. Wie sich am Strande und am Boden des Meeres durch Schlamm, Sand und über Conferven niedergeschlagene Kalkabsätze und verkittete Muschelbänke finden, so auch am Boden der Seen und Flüsse. In den Meeresabsätzen, namentlich solchen, welche an den Strommündungen entstanden sind, bemerken wir zwischen den Meerthierresten solche von Süßwasser- und Landthieren; in den Fluß- und Seeabsätzen dagegen kommen niemals Seeschneckengehäuse vor, weil diese Meeresbewohner nicht im Flußwasser leben können und dasselbe fliehen.

Allen denjenigen, welche sich mit dem Sammeln von Conchylien und Muscheln befassen, fällt alsbald der Unterschied auf, welcher zwischen den Schneckenschalen der verschiedenen Meere und Erdtheile besteht; sie bemerken, daß jede Küste ihre eigenthümliche Gestaltenreihe (Fauna) besitzt und daß nur einige Formen und Arten den entlegensten Küstenpunkten und allen Erdzonen gemeinschaftlich angehören. Die Feststellung dieser Thatsache ist Gegenstand einer eigenen Abzweigung der Wissenschaft, der Thiergeographie, geworden. Sie belehrt uns, daß die Wärme, die Tiefe, die chemische Zusammensetzung der dem Wasser beigemischten Salze, die Gestaltung des Meerbodens hier den maßgebenden Einfluß ausüben.

In den Schichten der jüngern und ältern Gesteine liegen ungezählte Mengen wohlerhaltener oder zerriebener und zerbrochener Schnecken- und Muschelgehäuse umher. Manche Schichten bestehen fast nur aus solchen oder aus den von ihnen übrig gebliebenen Steinkernen, so daß in manchen nur wenige tausend Kubikklafter umfassenden Felsmassen Billionen Schälchen derselben Schneckenart gezählt werden könnten. Auch in diesen, während längst vergangenen Zeiten entstandenen Sedimentgesteinen sondern sich die Strandschnecken scharf von den Lagunen- und Hochsee-, von den Brack- und Flußwasserthieren, wie eine sorgfältige Vergleichung der Formen und des an den Steinkernen erkannten innern Baues unter einander und mit den jetzt lebenden Arten ergeben hat. Auch in den früheren Zeiten waren entlegenere Meer- und Erdtheile von verschiedenen Thierarten bewohnt, und wenn auch einige wenige Formen in ähnlicher Weise, wie auch heutiges Tages, allgemein über die gesammte Oberfläche verbreitet waren, so hatte doch jeder Erdstrich seine eigenthümliche Fauna. Dieses hochwichtige Ergebniß sorgfältiger, umfangreicher Forschung macht es dem Geologen möglich, in allen Sedimenten Land-, Fluß-, Sumpf-, Strand-, Lagunen-, Korallenmeer- und Hochmeerbildungen zu

trennen und zu beweisen, daß alle diese Wasserabsätze zu jeder Zeit unter Umständen entstanden sind, welche denen unserer Tage ähnlich und gleich waren.

Wir finden in den Felsgesteinen Land-, Fluß-, Strand- und Lagunengebilde überdeckt von Hochseeablagerungen und schließen mit Recht daraus auf allmälige Senkung des Bodens; wir graben unter Fluß- und Landgebilden Korallenbänke und Absätze des Meeres aus und erkennen hieraus die Wirkung allmäliger Bodenhebungen. So lange sich die geologischen Forschungen auf den kleinen Umfang von Europa beschränkten und nur einzelne Reisende seltene Kunde aus anderen Welttheilen zu uns brachten, war man geneigt, alle Verhältnisse nach den in Europa erkannten zu beurtheilen. Nachdem aber auch in einigen, wenn auch zur Zeit noch räumlich sehr beschränkten Theilen von Afrika, Amerika, Asien und Oceanien eine größere Anzahl dort einheimischer Naturforscher Untersuchungen über diese Verhältnisse unternommen haben, erkennen wir schon, daß jene beschränkteren geologischen Ansichten nicht ausreichen, eine Geschichte der Erdentwicklung darzustellen, daß mit jedem neuen Fortschritte in der Erforschung der Thatsachen ein neuer Theil der seither aufgestellten geologischen Systeme als nicht mehr haltbar zerfällt. So wenig die Geschichte eines Volkes ein klares Bild von der allgemeinen Entwicklung der Menschheit gewähren kann, eben so wenig vermag die Erforschung eines Theiles der Erdoberfläche mit ihren Felsgebilden einen ausreichenden Maßstab für die Entwicklungsgeschichte des Erdganzen darzubieten, und wenn auch hier wie dort allgemeine Grundzüge in jeder Zone und Zeit wiederkehren, so birgt doch auch eine jede ihre besonderen Eigenthümlichkeiten, welche erkannt die frühere Ansicht wesentlich verändern und berichtigen müssen.

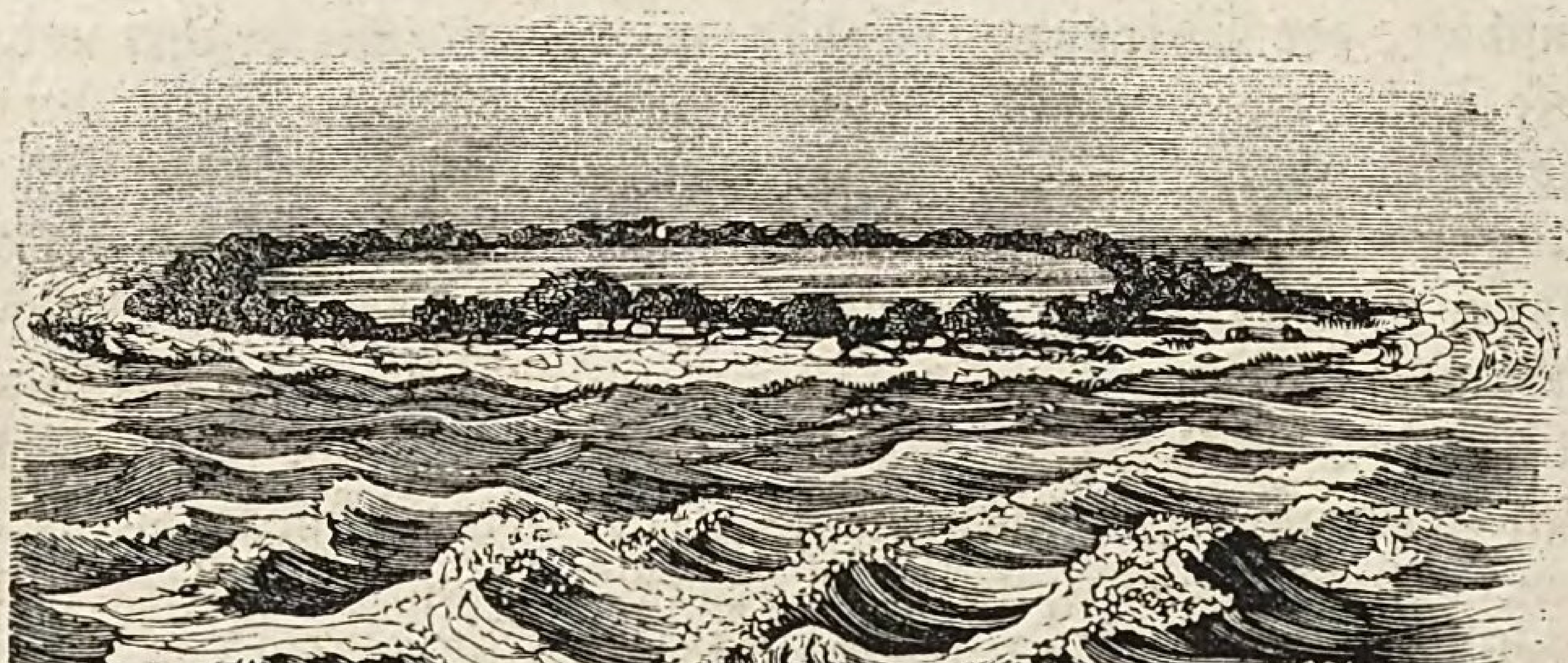


Fig. 112. White-Sunday-Eiland, eine Koralleninsel.



Fig. 113. Barre und strudelnde Mündung der Seine.

3. Sedimente aus dem Wasser und der Luft, ohne Mitwirkung der Pflanzen und Thiere entstanden.

Nachdem wir im Vorhergehenden in kurzen Zügen angedeutet haben, wie Thiere und Pflanzen an der Bildung neuer und immer neuer Gesteinformationen Theil nehmen und der Muttererde ihre Stoffe in neue Form geprägt zurückgeben, müssen wir noch einiger bei der Entstehung von Sedimenten vorkommender Erscheinungen gedenken, die für das Studium der Geologie, für die Würdigung der Lagerungsverhältnisse von großer Wichtigkeit sind.

Betrachten wir zuerst die Absätze, welche Flüsse und Ströme während ihres Laufes oder an ihren Mündungen in ruhige Seen und in das durch Ebbe und Flut bewegte Meer veranlassen. Die fließenden Wasser lassen zuerst die von ihnen ergriffenen schweren Gerölle fallen; sie lassen sie zurück in ihren Betten und an ihrer Mündung; sie geben dadurch Veranlassung zur Entstehung von Kiesbänken, und insofern sich Eisenoxyd-, Kalk- und Kieselniederschläge dazwischen entwickeln, zu Conglomeraten und Puddingsteinen.

Wo das fließende Wasser, seine Ufer übersteigend, die nahen Landstriche überflutet, setzt es seinen Sand und Schlamm ab und begräbt in denselben die Thiere des Festlandes, z. B. allerlei Schnecken, die im Gras und Moos leben. Solche Schlammniederschläge erhöhen allmälig die Thalebene, wie sich dies in den Thälern des Euphrat, Ganges und aller andern Ströme und Flüsse beobachten läßt.

Der Boden des Nilthales hat sich innerhalb 3000 Jahren dadurch so erhöht, daß die Bauwerke der alten Pharaonen gegenwärtig 18 bis 20 Fuß tief in jenem Absatze eingeschlämmt liegen. Die Mündung des Nils ist seit 2000 Jahren um beinahe eine Wegstunde weiter in das Meer gerückt, weil sich vor ihr beständig Schlamm ablagert und das Festland verlängert. Im Mississippithale finden wir auf diese Weise mehrere Schichten abgestorbener, mit den Wurzeln noch im Boden befestigter, mächtiger Baumstämme übereinander versenkt. Diese Baumstämme vertreten hier die Stelle jener ägyptischen Bauwerke. Die Zahl ihrer Jahresringe belehrt uns, daß der Mississippi schon seit länger als fünfzig Jahrtausenden sein Wasser in diesem Thale zum Meere sendet.

Die Einmündungsstellen der Flüsse in Landseen und ruhige Wasserbassins verändern sich von Zeit zu Zeit, da sie durch zugeführte Geröll- und Schlammtheile verstopft, beziehungsweise über solche hinaus in die Seen verlängert werden. Bei der Einspülung von Geröll und Schlamm in Seen lagern sich die gröbern Stücke naturgemäß zunächst der Flußmündung ab; die feinern, staubartigen Theilchen werden tiefer in das Becken geführt und senken sich daselbst zu Boden. Wenn nun die Mündungsstelle über die ältern Anschwemmungen fortschreitend, sich mehr und mehr den tieferen Seetheilen nähert, so werden die ältern Geröllbänke vom strömenden Wasser zum Theil wieder abgebrochen und über die feinern Schlammabsätze hin ausgebreitet. Allmälig füllen sich auf diese Weise größere und kleinere Landseen gänzlich zu; sie versumpfen und werden schließlich zu trocknem Lande, in dessen Mitte der Bach oder Fluß, welcher die Zufüllung veranlaßte, eingetieft ist. Dasselbe ist auch der Fall mit den Bergseen, wie wir solche in unserm Vaterlande mehrfach finden und von denen nebenstehende Abbildung uns einen solchen aus dem Böhmerwald-Gebirge vorführt. Wo Ströme in das durch Ebbe und Flut bewegte Weltmeer einmünden, setzen sich ebenfalls die von ihnen transportirten Schlammtheile zu Boden und bilden gegen das Meer hin fächerartig ausgedehnte Anschwemmungen, welche man wegen ihrer Aehnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben Δ (D) Delta genannt hat. Die Entstehung des Delta's wird durch zwei verschiedene, gegeneinander wirkende Wasserströmungen erleichtert. Wenn die zu Lande steigende Flut die Meereswasser dem Flußlaufe entgegenführt, so wird die Stromgeschwindigkeit des letztern vermindert und allmälig ganz aufgehoben. An solchen Stellen setzt das Meer wie der Fluß die mitgerissenen Geröll- und Schlammtheile ab; es bildet sich am Boden eine Erhöhung, welche die Schiffer Barre nennen. Die Abbildung am Anfange dieses Abschnitts führt unsern Lesern die Barre und die bei Ebbezeit darüber hin stürzende Mündung der Seine dar. An dieser Barre brechen sich die vom Seewinde herangewälzten Wogen zu mächtiger Brandung.

Die hinter der Barre liegenden Theile des Meeresgrundes werden nunmehr sowol durch Anspülungen des Stromes als durch die von der Meeresflut herbeigeführten Stoffe allmälig erhöht und zugefüllt; es sammeln sich daselbst die Reste von Meeres-, Land- und Süßwasserbewohnern an; es leben in der zwischen Meer- und Flußwasser mitten inne stehenden Flüssigkeit außerdem besondere Thierarten



Fig. 114. Die schwarze See im Böhmerwald-Gebirge.

(Brackwasserthiere), welche ihre unverweslichen Theile ebenfalls in den Ablagerungen der Deltas zurücklassen. Nicht alle Ströme bauen Deltas; denn wenn starke Meeresströmungen ihre Mündungen berühren, so werden durch diese die zugeführten Schlammtheile mit fortgerissen und kommen erst in entferntern ruhigern Buchten zum Absatze. Besonders großartige Deltas finden wir, wie erwähnt, an den Mündungen des Nil, des Ganges, des Mississippi; sie dehnen sich über Hunderte von Quadratmeilen aus, vergrößern sich täglich, sind von Sümpfen und Lagunen bedeckt und dienen eigenthümlichen Pflanzen- und Thiergattungen zum Stand- und Aufenthaltsorte. Aus der Vergleichung der jährlichen Zunahme der Deltas mit ihrer Ausdehnung läßt sich annähernd auf die Zeitdauer schließen, während welcher die Ströme in ihrer jetzigen Richtung schon dem Meere zufließen.

Alle in Wasserbassins stattfindenden Sand- und Schlammablagerungen erfolgen schichtenweise in wagrechter oder schwach geneigter Lagerung; wo Unebenheiten des Bodens, aus der Tiefe auftauchende Felsen oder Inseln bestehen, werden sich diese Schichten wagrecht auflegen und an den steilern Ufern abstoßen. Ist der Boden der Wasserbecken aus einem Gestein gebildet, dessen Schichten eine geneigte Lage besitzen, so legen sich die neuentwickelten Lager unter abweichendem Winkel auf. In den verschiedenen Gegenden der Meere erfolgen die Absätze auch in sehr ungleichen Mengenverhältnissen. Den Flußmündungen zunächst und da, wo die brandende Woge die Gesteine der Küste ausspült, ist das Material zu solchen Niederschlägen reichlichst vorhanden; es müssen sohin an solchen Punkten die stärksten Ablagerungen erfolgen. In der Hochsee können sie nur allein aus chemischen Ausscheidungen, aus Diatomeen und Foraminiferen, oder aus Stoffen bestehen, welche gelegentlich durch untermeerische Vulkanausbrüche zugeführt wurden.

Wenn die Wellen den Sand an flache Ufer treiben, wenn der Seewind den oberflächlich getrockneten Sand aufhebt und weiter ins Land führt, so entstehen D ü n e n, Sandhügel von zuweilen beträchtlicher Höhe. Unter solchen Dünen werden fruchtbare Landstriche, Dörfer und Wälder allmälig begraben; aus den bewohnbaren Gegenden werden dadurch unwirthliche Wüsten. Der Sand der Dünen klebt, indem er sich oberflächlich zersetzt, zuweilen zu Sandstein zusammen, wie solches auch bei den am Strande unter Meeresbedeckung niedergefallenen Sand- und Schlammtheilen stattfindet. Hinter und zwischen den Dünen sammelt sich je zuweilen durchsickerndes Meer- oder durch Flüsse zugeführtes Süßwasser; es entstehen Küstenseen (Lagunen), in deren Schlammabsätzen allerlei Pflanzen- und Thierreste eingehüllt werden. Bricht bei Sturmfluten das Meer den Dünenwall ein, so bedecken sich diese Ablagerungen mit Sand und Meergeschöpfen. Alle solche Lager erlangen, vom salzigen Meerwasser genäßt, einen reichlichen Salzgehalt innigst beigemengt; es scheiden sich daselbst aus dem verdunstenden Meerwasser Krystalle und Rinden von Chlornatrium aus. Wenn dergleichen Dünen- und Strandbildungen, durch unterirdische Kräfte gehoben, ins Trockene gelangen, so wird das Regenwasser ihren Salzgehalt allmälig auswaschen und in einzelnen tiefer gelegenen Bassins vereinigen, woselbst er dann wie die Salzsoole in einer Siedepfanne allmälig zu Lagern von Kochsalz zusammengeführt wird.

Die Steppen des südlichen Rußlands und Sibiriens, sowie die Wüsten des östlichen Nordamerika's enthalten Kochsalzseen, in denen die Entstehung des Steinsalzlagers unter unsern Augen vor sich geht. Der Eltonsee in Rußland ist eine der bekanntesten dieser natürlichen Salzsiedpfannen; er liegt inmitten einer Steppe, deren Boden viel salzige Theile enthält. Während der nassen Jahreszeit spült das Regenwasser den Salzgehalt der Umgegend in ihm zusammen. Tritt die trockene Jahreszeit ein, so concentrirt sich die Flüssigkeit des Sees, es scheiden sich, indem Wasser verdunstet, starke Salzkrusten ab und sinken zu Boden, im Verlaufe der Jahrhunderte sammeln sich solche Lagen zu mehr als hundert Fuß mächtigen Massen an, in denen die wenigen Reste von Diatomeen, welche in dem starksalzigen Wasser bestehen können, ihre Hüllen und Skelette zurücklassen.

Es bedarf kaum der Erinnerung, daß, so lange das Wasser auf dem Erdballe in flüssigen Formen vorhanden ist, dessen Wirkungsweise mit der heutigen ganz übereinstimmend gewesen sein müsse. Der Ocean ist stets durch Anziehung der Sonne und des Mondes in schwankender Bewegung gehalten worden. Wie ein Zeitmesser schlugen Flut und Ebbe regelmäßige Abschnitte an und werden so fort und fort in gleicher Thätigkeit beharren. Die Temperaturunterschiede, welche an den Polen und dem Aequator herrschten, so lange die Sonne ihre Strahlen auf die sie umkreisende Erde sendet, sowie die Bewegung der Erde um ihre Achse, veranlaßten seit je Strömungen im Meer, deren oberflächlicher Verlauf allerdings abhängig war, ist und sein wird, von der Gestalt der Festländer und Inseln. Jene Strömungen mußten andere Bahnen suchen, so lange Nordamerika und Europa sich berührend ein Festland bildeten; sie konnten die Südküste dieses Landes höher erwärmen. Sie mußten sich dem Norden zuwenden, als diese Erdtheile getrennt wurden; sie geben der skandinavischen Küste gegenwärtig ein gemäßigteres Klima, als dieser vermöge ihrer Lage sonst zukommen würde, und führen Pflanzenreste aus tropischen Zonen als Treibholz in jene eisigen Gegenden.

Wo Festland und Inseln aus dem Ocean hervorragten, ward den Wolken zu jeder Zeit Regen entlockt; Quellen, Bäche, Seen und Ströme entstanden; es entwickelten sich unter deren Einfluß Landpflanzen und Thierre, welche die Ablagerungen des süßen Wassers zu jeder Zeit als solche bezeichneten. Das Meer tobte, Geröll und Schutt abbrechend, an den Küsten; es ernährte riffbauende Korallen; es vermittelte Strand-, Lagunen- und Hochseegebilde, welche sich von jeher durch die in ihnen begrabenen Faunen unterscheiden. Deshalb finden wir in allen Gebirgsformationen Süßwasser-, Dünen- und Meeresbildungen in innigster Verknüpfung, und da auch allezeit das Wasser mit der Erdwärme und dem Chemismus im Bunde die Erscheinung der Vulkane hervorrief, so begegnen wir in jeder Formation Laven und andern Erzeugnissen der Vulkanicität. Die vulkanischen und sedimentären Gesteine verlieren unter der fortgesetzten Einwirkung des Wassers und der Wärme ihr anfängliches Aussehen; sie verwandeln sich allmälig in krystallinische Massen- und Schiefergesteine.



Fig. 115. Felsgipfel aus metamorphosirtem Gestein. Die Schneekoppe des Riesengebirges.

III. Entstehung der metamorphosirten Gesteine.

Wie in der organischen Welt aus dem Samenkorne die grünende Pflanze hervorgeht, wie sich die Raupe verpuppt, und der Puppe der vollendete Schmetterling entfliegt, so erfahren auch in der unorganischen Welt, in den Mineralien und Felsarten, die Stoffe gewisse Formenänderungen. Aus einem gestaltlosen (amorphen) Minerale wird ein, nach bestimmten mathematischen Regeln geformter Krystall, wenn gewisse Naturkräfte auf den Stoff einwirken.

Es mußte im Verlaufe unserer Unterhaltungen schon mehrmals angedeutet werden, daß ein ununterbrochener Stoffwechsel in den Erdschichten stattfindet; es sind dabei gleichzeitig diejenigen Kennzeichen näher erörtert worden, aus denen die Wirkung dieses Stoffwechsels am Gesteine beurtheilt wird. Es genügt deshalb eine Hinweisung auf die Kennzeichen der umgewandelten Felsarten; sie bestehen in den von ihnen eingeschlossenen Pseudomorphosen, den Krystall- oder auch den versteinerten Thier- und Pflanzengestalten, welche von einer ihren Formen fremden Mineralart erfüllt sind; in der krystallinischen Beschaffenheit der diese Gesteine bildenden Mineralien, besonders aber in deren Anordnung, aus welcher auf's klarste hervorgeht, daß ihre allmälige Ausscheidung nicht aus einem feuerflüssigen Breie stattgefunden hat.

Wenn in einem krystallinischen Gesteine Reste organischer Wesen aufgefunden werden, welche wir sonst nur in den Sedimenten zu finden gewohnt sind, wenn in einem solchen pseudomorphe Mineralien entdeckt werden, so erkennen wir mit Sicherheit, daß das Gestein ein umgewandeltes ist.

Die Umwandlung der Gesteine geht einen sehr langsamen Gang, weshalb sie in der Natur nur sehr selten direkt beobachtet werden kann. Da jedoch die Chemie und die Physik das Verhalten der Elementarstoffe gegen einander festgestellt haben, da chemische und physikalische Versuche (Experimente) im kleinen Maßstabe das in kurzer Zeit hervorzubringen im Stande sind, wozu die Natur im Großen lange Zeiträume braucht, so können wir uns an der Hand jener Wissenschaften ein Urtheil über den Umwandlungsprozeß der Gesteine bilden. Ehe wir uns zur Entstehung der metamorphosirten Gesteine wenden, ist es von Vortheil, uns mit den Experimenten, welche deren Erklärung bezwecken, etwas genauer bekannt zu machen. Wir führen in Nachstehendem die wichtigsten derselben auf.

A. Erzeugung der Mineralien und metamorphosirten Gesteine auf künstlichem Wege.

Die Chemie hat erfahrungsmäßig ermittelt, daß die Mineralien und deren Urstoffe sich in sehr verschiedener Menge im Wasser, in Säuren und Alkalien auflösen; sie hat gezeigt, daß die schwerer auflöslichen Stoffe die leichter in Lösung übergehenden aus ihrem Raume verdrängen. Wenn eine verdünnte, schwache Auflösung von kohlensaurem Eisenoxydul über Kalkspath gegossen wird, so scheidet sich ersteres allmälig in der Form des letzteren aus, während die Lösung nun kohlensaure Kalkerde (den Bestandtheil des Kalkspathes) aufnimmt. Eine Lösung von phosphorsaurem Natron tritt an die Kalkerde des Kalkspathes ihren phosphorsauren Gehalt ab, während die Kohlensäure sich mit dem Natron vereinigt; es entsteht Apatit (phosphorsaurer Kalk) und Soda (kohlensaures Natron). Kieselsaures Kali oder Natron vereinigen sich mit kohlensaurer Kalkerde unter Abscheidung von kohlensaurem Gas und Auflösung von Kalk zu Zeolithmineralien.

Die Chemie giebt weiter Aufschluß darüber, wie sich einzelne Stoffe unter Einwirkung von Wasser, Sauerstoff und andern Elementen verwandeln lassen; wie aus Sphärosiderit (kohlensaurem Eisenoxydul) Brauneisenstein entsteht, indem ersterer Sauerstoff und Wasser aufnimmt, während er kohlensaures Gas entweichen läßt; wie aus der Einwirkung von Sauerstoff und Wasser auf Doppelt-Schwefeleisen (Schwefelkies) Eisenvitriol und Schwefelsäure wird; wie letztere den kohlensauren Kalk unter Entbindung von Kohlensäure in Gyps umwandelt, während sich Eisenoxyd absetzt; wie Kohlenstoff, Wasserstoff und Schwefelalkalien allerlei Metalloxyde und Metallsalze zu gediegenen Metallen und Schwefelmetallen verändern.

Das geschickt geleitete Experiment läßt unser staunendes Auge erkennen, wie in dichtverschlossenen, mit Wasser erfüllten schmiedeeisernen Röhren, wenn sie längere Zeit einer Wärme von ungefähr 400 Grad ausgesetzt wurden, das Glas, ohne daß es erweichte, ohne daß es seine Körperform änderte, in eine undurchsichtige, aus unzähligen Krystallen zusammengesetzte Masse überging. Das aus Kieselerde, Kalk, Natron, Thon und Eisenoxydul bestehende Glas verwandelt sich dabei in eine faserige, krystallisirte Masse von Wollastonit (kieselsaurem Kalk), in welcher schöne Quarzkrystalle einzeln und in Drusen, Pyroxenkrystalle

(Diopsid) und Feldspathkörner nebeneinander liegen, während sich ein kieselsaures Alkali im Wasser auflöst. Dabei dehnt sich das Glas beträchtlich aus und nimmt eine Schieferstruktur an. Diese höchst wichtige Entdeckung verdankt die Wissenschaft dem Fleiße Daubrée's zu Straßburg, welcher ferner in seinem Apparate unter Einwirkung des bis auf 400 Grad erhitzten Wassers aus Obsidianlava den krystallinischen Trachyt und, unter Hinzufügung von kieselsauren Alkalien, aus Kaolin Feldspath bereitete. Daubrée konnte auf dem äußern Umfange von Augitkrystallen krystallisirten Quarz abscheiden, wenn er jene in Wasser, welches kieselsaures Natron enthielt, bis auf 400 Grad erwärmte. Solche Versuche, welche die Natur nachahmen und nicht Stoffe und Kräfte in Anspruch nehmen, die in ihr als Seltenheiten erscheinen, fördern die Erkenntniß mehr, als die scharfsinnigsten, auf schwankende Hypothesen gestützte Auseinandersetzungen; sie bieten einen festen Ausgangspunkt für die Forschung in jenen noch so dunkeln Gebieten der Geologie dar, indem sie eine ungekünstelte Vergleichung der natürlichen Vorkommnisse mit den Erfolgen des Experimentes zulassen. Die Einwirkung sehr hoher Wärmegrade auf Mineralien und Felsmassen wurde vielfach auf Hüttenwerken, in Porzellan-, Glas- und Kalkbrennöfen beobachtet. Die Gesteine werden entweder zu Schlacken oder lavaartigen Massen geschmolzen, aus denen einige Bestandtheile sich in Krystallform ausscheiden; niemals aber hat es auf diesem Wege gelingen wollen, diejenige Anordnung der Krystalle verschiedener Mineralspezies hervorzubringen, welche sich im Trachyt, Felsit, Granit, Gneus und den andern krystallinischen Gesteinen, in so auffallender Weise zeigt, und wie sie Daubrée so schön im Glase und Obsidiane hervorgebracht hat. Die Einwirkung des Feuers auf schwer schmelzbare Gesteine ist ebenfalls auf Hüttenwerken öfters Gegenstand der Untersuchung gewesen. Obgleich nicht zu verkennen ist, daß Lava, Basalt und andere Eruptivgesteine die von ihnen berührten Sandsteine, Granite u. s. w. in ganz gleicher Weise verändern als das Feuer der Schmelzöfen, so drängt sich dabei doch alsbald die Gewißheit auf, daß jene Veränderungen (Ausgleichungen) sich nur auf ganz geringe Entfernungen, gewöhnlich nur auf wenige Fuße bemerken lassen, daß sie niemals und nirgends im Stande waren, ganze Gesteinsformationen zu metamorphosiren.

Viel wichtiger erscheint die Rolle, welche die Natur dem Wasser bei diesem Umwandlungsprozesse zugetheilt hat. Das Wasser kann, wie Roger's Versuche lehren, aus allen Gesteinen Stoffe entnehmen; die aufgelösten Quantitäten erreichen je nach Temperatur und Druckverhältnissen verschiedene Höhen; Gesteinauflösungen, in dem Papini'schen Topfe unter hohem Drucke angestellt, bezeugen dies. Wir wissen, daß alle Quellwasser erdige Bestandtheile enthalten und sind durchaus zu der Annahme berechtigt, daß das in den Erdschichten und in den Poren der Gesteine umlaufende Wasser diese Stoffe von einem Orte zum andern führt, austauscht und ersetzt, je nachdem chemische und physikalische Einflüsse dies verlangen. Das Wasser vermittelt hierbei die Vereinigung der sich fern liegenden Stofftheilchen (Atome) derselben Substanz; es trägt die auflöslichen Bestandtheile aus größerer und geringerer Entfernung herbei, um sie denjenigen zu nähern, welche

als schwer oder unauflöslich ihren Ort nicht wechseln können. Es nimmt an einem Punkte den Kalk fort, um ihn an einem andern in neuer Form wieder abzusetzen. Aber das Wasser allein reicht auch hier nicht aus. Abgesehen davon, daß Gasarten, wie Kohlensäure, Schwefeldämpfe und Säuren, Chlor u. s. w. seine Thätigkeit wesentlich fördern, müssen ihm auch noch andere Kräfte bei der Wiederablagerung der Stoffe zu Hülfe kommen. Es sind dies die allem Stoffe innewohnenden Anziehungskräfte für das Gleichartige, welche wir als Affinität kennen und die sich bei der Darstellung galvano-plastischer Kunstwerke so behülflich erweisen. Der alte Spruch: „Gleich und Gleich gesellt sich gern!“ bewährt sich selbst im Mineralreiche; denn sobald im Feldspath ein Gypstheilchen entstanden ist, sammelt sich um dasselbe aller später entstehende Gyps an und verbindet sich mit ihm zu einem größern Krystalle. Bei Daubrée's Versuchen über die Metamorphose der Gesteine sammelten sich die aus dem Glase frei gewordenen Kieselbestandtheile an einzelnen Punkten zu den schönsten, vollendetsten, wenn auch nur wenige Millimeter großen Krystallen an. Ohne daß die Gesammtmasse vorher erweichte oder flüssig wurde, änderten in dem starr bleibenden Obsidiane die Bestandtheile ihren Ort und vereinigten sich zu Feldspathkrystallen.

Diese Vorgänge erinnern so sehr an diejenigen, welche sich während der Wirkung der Elektricität, namentlich des Galvanismus, auf feste und flüssige Stoffe der Beobachtung darbieten, daß sie damit verglichen werden können. Wenn die beiden Endpole einer galvanischen Säule, welche bekanntlich aus abwechselnden Kupfer- und Zinkplatten oder auch aus abwechselnd aufeinander gelegten Scheiben anderer nur im Stoffe verschiedener Körper besteht, durch einen aus mehreren Bestandtheilen gebildeten Körper geführt werden, so sammeln sich an jedem Pole gewisse dieser Bestandtheile an. Der Körper wird in seine Elemente zerlegt, welche in kleinsten Mengen allmälig an die Pole der Säule geführt und daselbst wieder zu größern Massen in neuer Form vereint werden. Im galvano-plastischen Apparate sammelt sich das Kupfer oder Silber oder Gold auf dem einen Pole, während sich nach dem andern die Schwefelsäure und der Sauerstoff, oder das Cyan oder überhaupt der mit jenen Metallen in Verbindung gewesene Stoff hin bewegt und abscheidet. Diese Zerlegung der einzelnen Bestandtheile geht so allmälig vor sich, daß wir wol ihr Endergebniß, nicht aber ihren Verlauf zu sehen vermögen.

In gußeisernen Röhrenleitungen, deren Theile vermittelst Bleiloth verkittet waren, bemerkte man öfters Kalksteinniederschläge, die jedoch die Fläche des Zinnlothes frei ließen und sich nur auf der des Gußeisens angeheftet hatten. Auch hier kann nur die elektrische Kraft die Ausscheidung bewirkt haben. Auf dem Eisen sammelte sich das einfache Kalkkarbonat, während auf dem Bleilothe die Kohlensäure verblieb, welche dessen Lösung im Wasser bewirkt hatte.

Derartige Erscheinungen können noch viele mittelst des Versuches erlangt werden; es sind namentlich von Becquerel vielerlei Mineralien mit Hülfe des Galvanismus in krystallinischer Form dargestellt worden. Wir beschließen hier diese in das Gebiet der Chemie und Physik gehörenden Auseinandersetzungen, um uns zu einigen Anwendungen derselben auf die Geologie zu wenden.



Fig. 116. Korallenkalk an der Küste der Malediven-Inseln.

B. Erklärung der Gesteinsmetamorphose.

Wenn das einsickernde Wasser einen mit Muschelschalen gemengten Sand zu Sandstein verkittet, indem es den Kalk der Muschelschalen auflöst und zwischen den Sandkörnchen wieder ablagert, so ist streng genommen schon eine Umwandlung vorgegangen. Nicht minder ist dies der Fall, wenn sich in den Blasen einer Lava Krystallisationen von Mineralien ansammelten, welche durch Auslaugung aus der Hauptmasse des Gesteines entnommen waren. Wir wissen, daß kein Gestein in ganz unverändertem Zustande beharrt, daß sich in allen der Stoffwechsel umwandelnd regt. Wo aber dieser Hergang schon so tief in das Wesen des Gesteines eingriff, daß es schwer wird den ursprünglichen Zustand desselben wieder zu erkennen, da beginnt erst die Reihe der Gesteine, welche wir als metamorphosirte betrachten. Ohne für alle metamorphosirten Gesteine den Hergang der Umwandlung erklären zu wollen, können wir uns auf einige der wichtigsten beschränken.

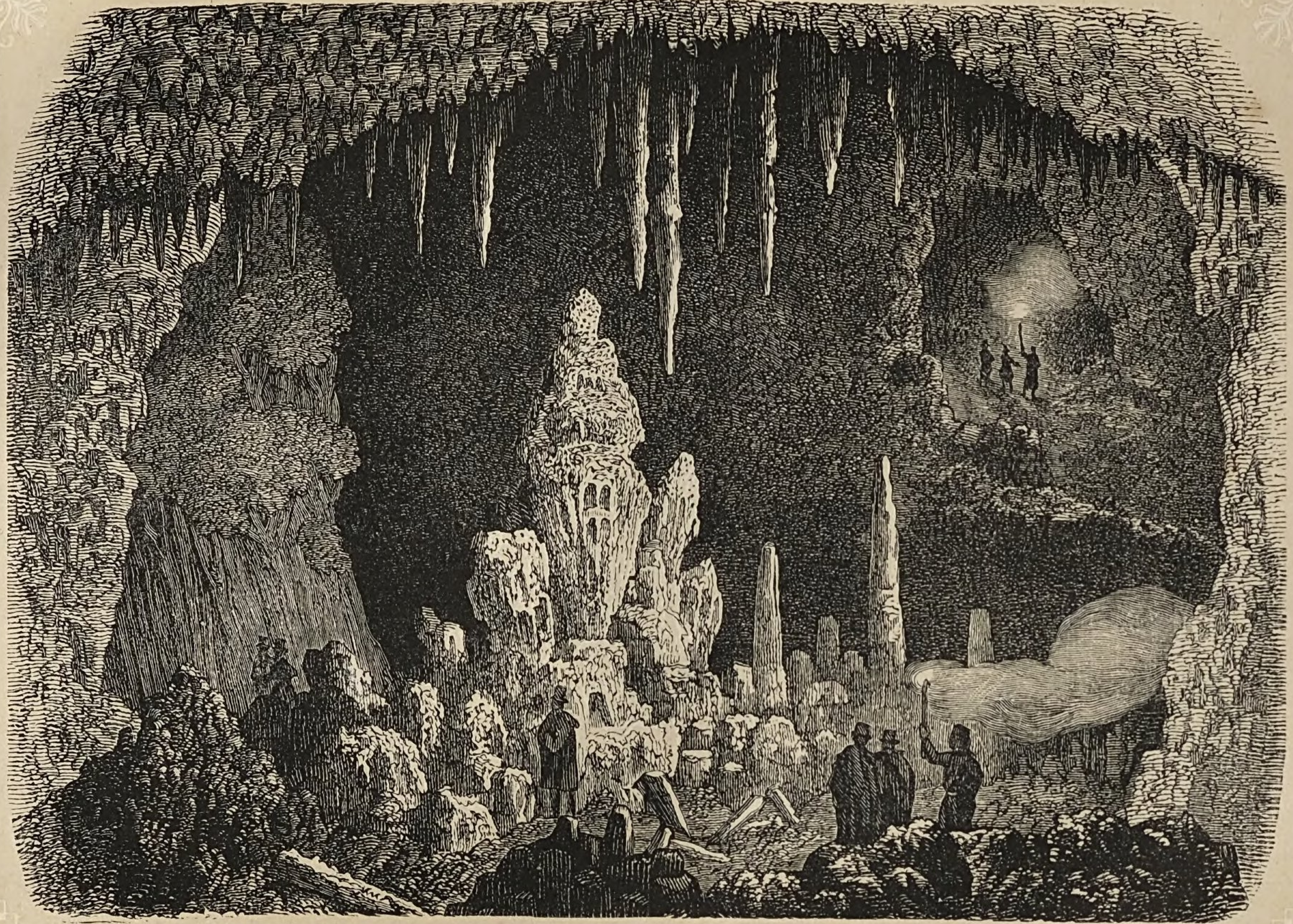
Sand. Derselbe kann je nach seiner Zusammensetzung oder je nach dem Grade der Stoffzuführung zu Sandstein, Quarzfels oder Glimmerschiefer, Gneus und Syenit werden. Der Sand enthält, wie wir wissen, nicht allein Quarz, sondern auch Feldspath-, Glimmer- und Kalktheilchen. Sobald letztere sich in ihre Elemente auflösen, verkitten sie das anfangs lockere Haufwerk wie ein Mörtel und bilden Sandstein. Dieser Sandstein kann thonig, eisenschüssig, kalkig, kieselig sein, je nachdem die Zersetzung der oben angeführten Bestandtheile des Sandes voranschritt. In den obern Theilen kieseliger Sandsteinlager bewirkt

das Regenwasser, welches nach Durchdringung des mit Pflanzen bewachsenen Bodens alkalische Salze, namentlich Pottasche aufgenommen hat, eine Auflösung der Kieselerde. Diese Lösung durchsickert das tieferliegende Gestein und läßt daselbst durch Austausch, Affinität oder den elektrischen Zerlegungsprozeß auf Klüften, Spalten und in den Poren die Kieselerde wieder fallen. Wir sehen, daß an einzelnen Stellen die auskrystallisirte Kieselerde sich allmälig anhäufte, daß sie spaltend und verschiebend auf die Sandsteinstücke wirkte; eine Breccie, deren scharfeckige Bruchstücke durch krystallisirten Quarz verbunden sind, erfolgte aus dieser Jahrtausende hin ungestört fortgehenden Thätigkeit. An andern Stellen erfüllen sich alle Poren des Sandsteines mit krystallinischer Kieselerde; das Gestein nimmt hier eine krystallinisch-körnige Struktur an. Wiederum an andern Punkten, namentlich da, wo der Sand thonig oder kalkigthonig war, hat sich die Kieselerde in Scheiben oder Knollen gesammelt, wodurch das Gestein eine wellig- und knotigschiefrige Struktur erhielt. Lagen Versteinerungen in solchem Sande, so wurden auch sie umgewandelt. Der Kalk der Muscheln, das Holz der Baumstämme verschwand, und Kalzedon, Opal, Quarz und Karniol nahmen deren Stelle ein.

Seltener entwickeln sich in dem aus Sand hervorgegangenen Quarzfels kleine Granaten, während Glimmermineralien, als Serizit und Glimmer sehr häufig und durch die ganze Masse in feinen Schüppchen zerstreut oder auch lagenweise vereinigt vorkommen. Der Glimmer konnte zum Theil schon dem Sande beigemengt gewesen sein; eben so oft mag er sich aber auch erst durch Stoffwechsel und Stoffzuführung gebildet haben; er ist besonders den wellig- und knotig-schiefrigen Quarzfelsvarietäten eigenthümlich und veranlaßt deren Uebergang in Glimmerschiefer. Auch in manchen Sandsteinen älterer Formationen erreicht der Glimmer, besonders in Schichten, welche vordem reich an Pflanzenresten waren, eine so große Bedeutung, daß man in dem Gestein einen dünn- und gradschiefrigen Glimmerschiefer vor sich zu haben glaubt. Enthält der Sand viel Thon oder Feldspathstücke, so konnten durch Stoffwechsel und Zuführung von kieselsauren Alkalien Feldspathkrystalle in dem Quarzfelsen anwachsen; es entstanden Quarzite mit Albit- und Orthoklaskrystallen (Hornporphyr). Gesellte sich dem Feldspath ein Glimmermineral zu, so erfolgte die Bildung von **Gneus**. Das Anfangsbild dieses Abschnittes führt uns die aus Gneus bestehende Schneekoppe des Riesengebirgs vor. In den Vogesen und im Schwarzwalde finden sich bei **Thann** und **Offenburg** Gneusgesteine mit einer Steinkohlenablagerung vergesellschaftet, worin Pflanzenabdrücke vorkommen. Da der Gneus, sobald er massig abgesondert ist, vom Granit kaum unterschieden werden kann, so dürfte mancher Granit aus der Umwandlung entstanden sein. In thonigem und kalkigen Sandsteine erfolgen ähnliche Umwandlungen des Sandes; letzterer ist öfters von Kalkspathgängen durchschwärmt. Er wird durch Aufnahme von Grünerde, kieselsauren Eisenoxyden und Feldspath zu einem Grünstein (**Eisenspilit**), dessen Erzgehalt weiter unten besprochen werden soll.

Thon. Der Lehm und Thon ist, wie wir oben erfuhren, sehr gewöhnlich kali- und natronhaltig; er besteht zum Theil aus kleinen Feldspath- oder Labra-

doritstäubchen; auch fehlen ihm selten Kalk, Eisenoxyd und Schwefelkies. Diese Beimischungen veranlassen schon allein eine festere Verkittung der Theile, welche durch starken Druck auflastenden Wassers oder Gesteines so befördert wird, daß der Thon sich bald zu Schieferthon verdichtet. In diesem Gesteine gehen nun, wenn hebende oder senkende Verschiebungen der Schichten deren Zertrümmerungen hervorriefen, allerlei Ausscheidungen vor, welche, wie im Sande, aus Quarz oder Kalkspath bestehen, je nachdem die Zusammensetzung des Thones beschaffen war. Auch der etwaige Metallgehalt des Thones ward auf diese Weise an gewissen Punkten zusammengeführt, so daß er nun durch den Bergbau gewonnen werden kann. Daubrée stellte aus Thon (Kaolin), welchem er kieselsaures Kali zuführte, Feldspath dar; es darf also auch angenommen werden, daß der in den Gesteinen vorkommende Feldspath, welcher manchmal die Schieferung verbiegend gefunden wird, erst nach der Ablagerung des Gesteines durch Stoffzuführung entstanden sei. Es muß dies namentlich behauptet werden, wenn jener Feldspath auf der Oberfläche von Steinkernen und Abdrücken der Korallen, Muscheln und anderer Seethiere krystallisirt gefunden wird, wie im rheinischen Schiefergestein. Solche aus Sedimenten entstandene krystallinische Schiefergesteine sind dem Felsitporphyr und zuweilen dem Schalsteine zum Verwechseln ähnlich. In manchem Thonschiefer des rheinischen Schiefergesteines (Grauwackenformation) sind die Steinkerne und Abdrücke der Muscheln mit tombakbraunen Glimmerblättchen überdeckt, welche in die nach Auflösung der Kalkschalen zurückgebliebenen Hohlräume hervorragen. Solche Glimmerkrystalle sind offenbar in dem Schlamm, aus welchem das Gestein entstand, nicht als solche schon vorhanden gewesen; sie sind später, als der Kalk der Muschelschalen fortgeführt war, aus dem Gesteine herausgewachsen. Dies berechtigt zu der Annahme, daß auch anderwärts in jenen Schiefern vorkommende Glimmerpartien späterer Entstehung Erzeugnisse des Stoffwechsels sind. Außer Quarz, Feldspath und Glimmer entstehen im Thonschiefer noch Aphrosiderit und Serizit, deren Bestandtheile ebenfalls in der Substanz des Gesteines vorhanden waren oder auch theilweise zugeführt wurden. Allmälig geht dadurch das Gestein in ein krystallinisches Schiefergestein über, in welchem nicht immer die eingeschlossenen Versteinerungen kennbar erhalten bleiben. In einzelnen Fällen jedoch blieben sehr zusammengepreßte Abdrücke, als Hohlräume und Steinkerne, deutlich erkennbar zurück, so daß jeder Zweifel über die ursprüngliche Entstehungsweise eines solchen metamorphosirten Gesteines zerstreut werden kann. Während der Umwandlung sehr kalkhaltiger Thonschiefer sammelt sich in der Regel der Kalkgehalt in vielen kleinern und größern Kugeln und Nieren; es scheiden sich grüner Aphrosiderit, wol auch Hornblende- und Augitmineralien aus, und endlich entsteht ein Schalstein, in welchem der ursprüngliche Eisengehalt auf besondern Lagerstreifen zusammengeführt wird. Nach allmäliger Fortwaschung des Kalkgehaltes gewinnen Quarz, Feldspath und Amphibol die Ueberhand; es entstehen Grünschiefer, welche mit Unrecht zu den uranfänglichen (primitiven und azoischen) Gesteinen gezählt werden. Im Grünschiefer des Odenwaldes liegen unzählige größere und kleinere Knollen (Geoden) und Lager (La-



Die Höhle von Antiparos.

Buch d. Geologie I. 2. Aufl. S. 199. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

mellen) von rothgefärbten mit Quarz gemengten Feldspathmassen eingewachsen, welche, sobald sich Glimmer zugesellt, an der Oberfläche der Erde für Granitgänge und Lager gehalten werden. Wo das Gestein durch Bergbau aufgehauen und im Innern zugänglich gemacht wird, ist die Einlagerung dieser Massen leicht zu erkennen. Sie sind nichts als Ausscheidungen jener durch die Attraktionskräfte auf einzelnen Punkten vereinigten Mineralien, und in der Regel nur von geringer Ausdehnung, manche kaum faustdick, andere mehrere hundert Fuß lang und 1 bis 5 Fuß dick.

Kalkstein. Den Korallenkalk sowol als auch den über Pflanzen niedergefällten Kalk verändert der Stoffwechsel so vollständig, daß dessen ursprüngliche Beschaffenheit kaum noch geahnt werden kann. Vielfältig erfüllen sich alle Zwischenräume des anfangs weichen und porösen Gesteines dergestalt mit Kalkspath, daß ein fast krystallinischer Kalkstein (Marmor) entsteht, in welchem die zahlreichen Versteinerungen erst nach dem Anschleifen und Poliren, an der Struktur, als Pflanzen und Thierreste erkannt werden können. Die so häufig zu Tischplatten benutzten bunten Marmorarten belehren uns darüber, wie der Kalkspath das Innere von Muscheln krystallinisch ausfüllt; wie er anfangs in haarfeinen Schnürchen auftritt, allmälig aber zu breiteren Bändern anwächst, die organischen Einschlüsse durchbricht und deren getrennte Bruchstücke verschiebt, indem er sich selbst Raum erzwingt (Brecciensmarmor). Der Kalkspath wird hierbei offenbar den obern Lagertheilen entführt, indem kohlensäurehaltiges Wasser (Regenwasser) dieselben durchsickert. Bei der Auswaschung der obern Lagerstücke des Kalksteines bleibt die fast ein jedes begleitende Doppelverbindung von kohlensaurer Kalk-Bittererde, der Dolomit, als schwerlöslicher Stoff zurück, weshalb Dolomitlager so oft die obere Decke der Kalkflötze ausmachen. Solcherweise entstandener Dolomit muß porös, mürbe oder staubartig erscheinen; die in ihm vorhandenen Versteinerungen wurden undeutlich, denn er ist durch Stoffentführung entstanden. Aber auch der Dolomit ist im Wasser auflöslich; es bilden sich sohin auch in ihm Krystalldrusen und krystallinisch-zuckerkörnige Massen aus, indem der an der Oberfläche aufgelöste Stoff in tiefern Lagerstücken wieder zur Ausscheidung gelangt. Diese Ausscheidung muß aber erfolgen, sobald das Wasser anstatt des Dolomites leichter auflöslichen kohlensauren Kalk vorfindet. Auf diese Weise entstehen feste Dolomitlager. Manche Kalkpartien wurden so vollständig durch Auswaschung erschöpft, daß nur die ihnen ursprünglich beigemengten Thon- und Sandmassen in Gestalt von Thonschiefer oder Thon zurückbleiben. Ein interessantes Beispiel liefert die berühmte Höhle von Antiparos, welche unser Tonbild darstellt. Sie zeichnet sich von allen europäischen Höhlen dadurch aus, daß ihre Stalaktiten aus faserigem Aragonit bestehen, der theils weiß, theils gelblich ist, während die Stalaktiten aller bekannten europäischen Grotten aus Kalkspath gebildet sind. Die Untersuchung zeigt, daß die interessanten Steinzapfen nur in den äußern Theilen aus Aragonit bestehen, im Innern aber einen Kern von Kalkspath enthalten.

Kann dem Kalksteine aus ihn überlagernden Gesteinen Kieselerde zugeführt werden, so verwandelt er sich allmälig vollständig in Hornstein und

Quarzfels. In ihm eingeschlossene Muscheln, Knochen, Pflanzen u. s. w. behalten dabei ihre Form, verdünnen sich aber beträchtlich, sie werden abgeplattet, weil das Wasser mehr Kalk hinwegnimmt, als es Kieselerde zuführen kann. Die Schicht schrumpft ein, und Alles, was über ihr liegt, senkt sich um so viel, als sie dünner ward. Dadurch erhält die Decke des metamorphosirten Kalkes Sprünge und Risse, in welchen dann die Regen- und Quellwasser sich bequem bewegen und ihre Umwandlungsthätigkeit entwickeln können. Zu Quarz und Hornstein umgewandelte Kalklager sind in der Nähe von Basalt und andern vulkanischen Gesteinen nicht selten, weil bei der Zersetzung der Lava Kieselfeuchtigkeit entsteht.

Wenn die Erdfeuchtigkeit, welche thonhaltigen Kalkstein durchdringt, außer Kieselerde noch irgend ein Alkali zuführt, so krystallisiren im Kalke Orthoklas und Albit; es entstehen Wollastonit, Granat, Epidot, Hornblende, Glimmer und viele andere Mineralien; endlich ändert sich das ganze Gestein in eine dem Granit oder Syenit ähnliche, überhaupt krystallinische Felsart um. Die Geologie verdankt die Erklärung dieser Vorgänge vorzugsweise den Bemühungen G. Bischoff's, O. Volger's und A. Daubrée's. Nachdem in vielen Kalkfelsen der Alpen Feldspath, dieses lange Zeit für ein Produkt des Feuers gehaltene Mineral, gefunden, und nachdem Pyroxen und Amphibol, Granat und Axinit im Innern und als Versteinerungsmasse von Korallen und Muscheln entdeckt, nachdem an der vollständigen Erhaltung selbst der feinsten und zerbrechlichsten Formen jener Thierreste erkannt worden war, daß jene Mineralien nicht im feurigen Flusse, sondern, während das Gestein in seinem starren Zustande beharrte, durch eine langsam und behutsam wirkende Thätigkeit zugeführt worden seien, konnte die Meinung, welche jene Mineralien ausschließlich durch Feuer entstehen ließ, nicht mehr bestehen bleiben. Die Naturerscheinung bezwang das menschliche Vorurtheil und nöthigte zu einer andern Erklärungsweise. Diese ward durch die obengenannten Männer gefunden, und wenn sie auf ihrem neuen Wege anfangs auch hier und da irrten: ihnen bleibt das Verdienst, der Wissenschaft und der Erkenntniß eine neue Pforte in die Scheidewand, welche den Menschengeist von der ewigen Wahrheit trennt, eröffnet zu haben.

Daubrée setzt voraus, daß bis auf etwa 400 Grad erhitztes Wasser unter einem entsprechenden Drucke, also unter ähnlichen Bedingungen, wie er in seinem Apparate unterhielt, den Kalkstein mit jenen wasserfreien Silikaten angefüllt habe. In der That widerstreitet diese Ansicht den Naturverhältnissen nicht; denn wo Hebungen der Schichten durch Anschwellung der unterliegenden Gesteinarten stattfinden, da wird ein beträchtlicher Druck nach oben ausgeübt, welcher Erhitzung und Krystallentwickelung veranlassen muß.

Viele umgewandelte, mit krystallisirten Silikaten erfüllte Kalksteinlager nahmen durch ihre ganze Masse krystallinisches Gefüge an; sie wurden zu Marmor, welchen ältere Geologen in der Voraussetzung, es sei ein ursprünglich gebildetes Gestein, „Urkalk" nannten. Der Zusammenhang solcher Marmorlager mit jüngern, Versteinerungen enthaltenden Kalksteinschichten widerspricht jedoch dieser Voraussetzung. Eine andere Behauptung, daß die Kalkspathkrystalle, welche in

Laven, Basalten, Graniten u. s. w. vorkommen, ehemals im feurigen Flusse waren, und dem bei ihrer Erstarrung ausgehaltenen ungleichen Drucke die Eigenschaft der doppelten Strahlenbrechung zu verdanken hätten, ist neuerdings ebenfalls verlassen, da alle Kalkspathkrystalle, welche im Wasser krystallisirten, namentlich auch



Fig. 117. Steinbrüche des Pentelischen Marmors.

die in den Tropfsteinhöhlen vorkommenden, die Eigenschaft der doppelten Strahlenbrechung in gleicher Weise besitzen. Der Kalkspath ist überall, wo wir ihn beobachten, ein Erzeugniß des Wassers. Häufen sich in einem Kalklager die Silikate sehr an, so daß der Kalk mehr und mehr und endlich vollständig verdrängt wird, so entsteht eine krystallinische Felsart, welche zuweilen noch unveränderte Kalksteinschichten umhüllt. Solche Vorkommnisse sind in den Alpen nicht gar selten; in vielen krystallinischen Gesteinen dieser Hochgebirge blieben die Formen des Kalkspathes erkennbar, nachdem sie längst und vollständig durch Chlorit, Talk und Quarz eingenommen worden waren; in mehreren wurden sogar noch bestimmbare Reste von Versteinerungen entdeckt. Auch außerhalb der Alpen finden sich solche umgewandelte Kalksteine öfters. Im Odenwalde gehören der Marmor von Auerbach und die Kalksteine von Niederbeerbach dahin. Beide, von Krystallen und krystallinischen Mineralien erfüllt, enthalten zuweilen noch Kohlenstoff, die Reste ehemaliger Pflanzen= und Thiersubstanz. Im rheinischen Schiefergestein erscheint der mit dem Korallenkalk der untern devonischen Grauwacke vergesellschaftete Diabas, ein aus Kalkspath, Labradorit, Augit und Grünerde bestehendes

Gestein, als eine solche Metamorphose; der der obern Grauwacke zugehörige Eisenspilit, mit den ihn begleitenden, in Rotheisenstein umgewandelten, Versteinerungen führenden Kalklagern, dürfte zum großen Theil mit hierher gezogen werden.

Wenn wechsellagernde Schichten von Thonschiefer, Sandstein, Kalkstein, Kalksteinschiefer u. s. w. der Umwandlung unterlagen, so konnten je nach der Zusammensetzung dieser Sedimente mancherlei krystallinische Schiefer- und Massengesteine entstehen, für welche nun die in der Gesteinbeschreibung (Petrographie) die Namen Glimmerschiefer, Gneus, Syenit, krystallinischer Kalk, selbst Granit und Felsit u. s. w. gebraucht werden. Solche metamorphosirte Schichten sind in der Regel aufgebogen, indem sie während der Umwandlung durch die Krystallisation und durch Stoffzuführung an Masse zunahmen. Manche dünne Lagerstücke, namentlich wenn sie zu Feldspath, Granit und Marmor wurden, erscheinen alsdann gangförmig, und erst eine genauere Betrachtung kann sie als Reste sedimentärer Lager wieder in ihre Rechte einsetzen.

Die **amorphen Gesteine** schwellen, wenn sie die krystallinische Struktur annehmen, in derselben Weise auf, wie das Glasröhrchen in dem Daubrée'schen Apparate, welches sich um eine sehr beträchtliche Größe verdickte. Diese Aufquellung bringt Hebungen hervor, welche die metamorphosirten Felsgesteine endlich zu solchen Höhen hebt wie in den Alpen oder in den amerikanischen Gebirgen, von denen die nebenstehende Abbildung uns die Felsen des Guadeloupe-Gebirges darstellt.

Die **vulkanischen Gesteine** erleiden ebenfalls manchfaltige Umwandlungen, welche, je nachdem sie durch die Atmosphäre und ihre wässerigen Niederschläge oder durch die in den tiefern Lagen der Erdrinde cirkulirenden Gewässer bewirkt und unterstützt werden, ganz verschiedene Richtungen einhalten. Alle Laven sind bekanntlich vorzugsweise aus Kieselerde, Thonerde, Kalkerde, Talkerde, Eisenoxyd, Kali und Natron zusammengesetzt, und unterscheiden sich nur durch die Mischungsverhältnisse dieser Stoffe. Die kieselerdereichere Lava erscheint als Obsidian, Bimsstein oder Trachyt; sie geht allmälig in Trachytdolerit und endlich in Leuzit- und Pyroxenlava, die an Kieselerde ärmste, über. Da ein und derselbe Vulkan zu verschiedenen Zeiten verschieden zusammengesetzte Laven auswirft, so dürfte die Annahme, daß sich deren Zusammensetzung verändert, je nachdem die vulkanische Thätigkeit in verschiedenen Gesteinen ihren Herd aufschlägt, nicht ganz zu verwerfen sein; wenigstens widerspricht die Ungleichheit der Lavenzusammensetzung verschiedener Ausbrüche desselben und mehrerer sich nahe stehender Feuerberge ganz entschieden der Voraussetzung: die Lava sei eine, aus einer gewissen Tiefe der Erde entnommene, daselbst noch im feurigen Flusse befindliche, ursprünglich in dieser Form gebildete Felsart. Sie widerspricht nicht minder der Voraussetzung, daß sich der Erdkern im feurigen Flusse befinde, und daß seine Massen sich nach der Eigenschwere in Kugelzonen angeordnet haben. Bei der Betrachtung der Vulkane und ihrer Thätigkeit wurde aus ihrer Abhängigkeit vom Meere und wegen der großen aus ihnen entweichenden Wasserdampfmassen geschlossen, daß die Lava eine unter Wassereinfluß in Brei umgewandelte glühende Erde sei; eine neue Bestätigung dieser Ansicht wird in der Manchfaltigkeit der

Lavenzusammensetzung gefunden; denn je nach Verschiedenheit des Gesteines, in welchem die Vulkanicität ihren Sitz hat, muß die Lava andere Stoffe enthalten.



Fig. 118. Guadeloupe-Gebirge im Westen Nordamerika's.

Wenn Kohlensäure in Verbindung mit Wasser auf die erstarrte Lava einwirkt, so zerstört sie die Verbindungen zwischen Kiesel- und Kalkerde; es beginnt die Auflösung der letztern, und durch chemische und elektrische Attraktion wird an geeigneten Stellen, namentlich in Blasenräumen und auf Spalten, Kalkspath und Aragonit in Krystallform ausgeschieden. Diese Zersetzung beginnt an der Gesteinsoberfläche und dringt tiefer und tiefer ein, sie erfaßt die Kieseleisenverbindung; es scheidet sich in deren Folge kohlensaures Eisenoxydul öfters als Pseudomorphose nach Kalkspath und Aragonit aus. Endlich greift sie so tief ein, daß die Lava oberflächlich zu Lehm und Thon zerfällt, wobei sich denn durch Stoffwechsel außer Kalkspath und Sphärosiderit noch allerlei Zeolithe, Opal und Quarzkrystalle in den tiefern Gesteinspartien entwickeln. Während dieser Umwandlungsprozesse ändert sich gewöhnlich die Struktur und die Färbung der Laven. Ihre Farbe verbleicht zu Grau, oder sie wird braunroth, und wenn der Pyroxen in Grünerde übergeht, grün und grünschwarz. Die obern Lagen, aus denen Stoff entführt

wird, nehmen ein poröses, krystallinisches und blasiges Gefüge an, die tiefern, in denen sich zugeführte Bestandtheile ansammeln, gewinnen an Dichtigkeit; sie erscheinen als dichte Massen, in welchen Krystalldrusen, mandelförmige Körper, kleine Gänge und Adern, von Opal, Karneol, Amethyst, Zeolith, Asbest, Kalkspath u. s. w. erfüllt, eingewachsen sind. So entstand wol aus Pyroxenlava der Basalt, der Dolerit, der Melaphyr, der Diorit und der Gabbro. Die Daubrée'schen Versuche beweisen, daß Glas und Obsidianlava zu Porphyr und Trachyt übergeführt werden können, wenn diese ganz dichten (amorphen) Substanzen unter hohem Drucke auf 400 Grad erhitztem Wasser ausgesetzt werden.

Von verschiedenen Physikern angestellte Versuche haben uns belehrt, wie das mit erdigen und salzigen Stoffen beladene Wasser einen weit höheren Siedepunkt hat, als reines Wasser besitzt. Eine gesättigte Auflösung von Kochsalz siedet erst bei 108 Grad; von Chlorkalzium sogar erst bei $179\frac{1}{2}$ Grad, während reines Wasser bei 100 Grad kocht. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß solche Flüssigkeiten bei vermehrtem Drucke noch weit höher erhitzt werden können, ehe sie zu verdunsten oder zu sieden beginnen.

Das reine Wasser siedet in einem flachen Gefäße bei 100 Grad Wärme,
in einem 32 Fuß tiefen Gefäße bei . . . . . $121\frac{2}{5}$ „ „
„ „ 320 „ „ „ „ . . . . . . $181\frac{3}{5}$ „ „
„ „ 3200 „ „ „ „ . . . . . . $311\frac{2}{5}$ „ „
„ „ 9600 „ „ „ „ . . . . . . $397\frac{7}{10}$ „ „

Am Boden eines 10,000 Fuß tiefen Meeres kann sohin ein ausbrechender Vulkan das Wasser auf 400 Grad erhitzen, ohne daß es ins Kochen geräth; das Wasser befindet sich daselbst in rothglühendem Zustande, worin es ohne Zweifel ganz anders auf die Mineralien einwirkt, als wir es bei 100 Grad Wärme zu sehen gewohnt sind. In einer, in einem tiefen Gefäße stehenden Auflösung von Kochsalz trennen sich verschieden gesättigte Schichten in der Weise, daß die tiefsten Lagen das meiste, die höchsten das wenigste Salz enthalten. Das aufgelöste Kochsalz scheidet sich in dem Zustande der Ruhe gewissermaßen vom Wasser und sinkt als schwererer Körper in demselben unter. Eine Concentration des Salzgehaltes durch die Schwere könnte auch im Meere stattfinden; wir kennen leider die Zusammensetzung des Meerwassers in großen Tiefen noch nicht, und befinden uns deshalb außer Stande weiter in die Sache einzugehen. Träfe aber die Voraussetzung ein, so müßte eine stärker gesättigte salzige Auflösung bei ihrem Eindringen in die Erde viel rascher auf die Gesteine einwirken, als eine so verdünnte Auflösung wie die des Meerwassers an der Oberfläche ist. Die chemischen Vorgänge in den Tiefen würden weit kräftiger eingreifen, und namentlich eine ziemlich beträchtliche Temperaturerhöhung herbeiführen, welche dann einen guten Theil der Erdwärme und der vulkanischen Erscheinungen erklärlich machte. Bei der Erklärung der geologischen Erscheinungen muß eine jede Erfahrung benutzt werden, weshalb wir der auf den Salinen beobachteten Thatsache der schichtenweisen Sättigung (Concentration) salzhaltiger Auflösungen gedenken, und sie in Verbindung mit den Beobachtungen über den Siedepunkt gesättigter Salzlaugen stellen

mußten. Kann auf dem Grunde tiefer Meerestheile eine solche Sättigung erfolgen, so ist damit erklärt, weshalb das Meerwasser in höheren Schichten einen gleichbleibenden Salzgehalt hat; die zugeführten Salztheile sinken stets in die Tiefe. Das concentrirtere Salzwasser, welches am Meeresboden in die Erde eindringt, müßte alsdann aber auch, indem es in den Tiefen den Stoffwechsel beschleunigte, die immerwährenden Hebungen mancher Küstenstriche und die vulkanische Thätigkeit sehr unterstützen. Die Vulkane liefern, außerordentlich große Quantitäten Wasserdampf, mit Chlor, Kohlensäure und Schwefelsäure gemischt, in die Atmosphäre ab; sie entnehmen diese Dünste eben jenem Meerwasser, welches die in ihm aufgelöst gewesenen erdigen Stoffe in den Tiefen zurückläßt. Wie dem nun auch sein mag, wir wissen, daß bei einem Drucke von 400 Atmosphären oder einer 10,000 Fuß hohen Wassersäule das Wasser auf 400 Grad erhitzt werden kann, ohne zu kochen; wir wissen, daß bei dieser Erhitzung das rothglühende flüssige Wasser den Stoffwechsel in starr bleibenden Gesteinen derart befördert, daß der Obsidian die krystallinische Struktur des Trachytes annimmt, das Glas ein Porphyrgefüge erlangt und der Thon mit Kalisalzen in Berührung zu Feldspath wird, und sind deshalb zu der Voraussetzung berechtigt: daß in entsprechenden Tiefen der Erdrinde, in denen eine erhöhtere Temperatur herrscht, die Metamorphose der Gesteine beschleunigt werden wird. Da ferner erfahrungsgemäß festgestellt ist, daß die solcher Weise metamorphosirten Gesteine beträchtlich an Masse (Volum) gewinnen und aufquellen, so erklärt es sich von selbst, wie sie aus den Tiefen herauswachsen und, ihre Decke sprengend, endlich zu Gebirgen anschwellen.

Wenn der Trachyt aus Obsidianlava entsteht, wie in dem Daubrée'schen Apparate, so ist sein Auftreten als gehobene, emporgeschobene Gebirgsart genügend erklärt; es ist dann an sich klar, weshalb er so oft als Kern der Vulkane auftritt. Zwischen dem Trachyt und dem Felsitporphyre, zwischen ihm und dem Granit finden so häufig Uebergänge statt, daß ein inniger Zusammenhang derselben kaum bezweifelt werden kann. Somit ist es auch sehr wahrscheinlich, daß der Granit namentlich da, wo er jüngere und ältere Sedimentgesteine bedeckend vorliegt, aus der Umwandlung von Obsidianlava entstand. Jedenfalls verdient diese Erklärungsweise vor derjenigen den Vorzug, welche bei seiner Entstehung Eigenschaften der Kieselerde und des Feldspathes voraussetzt, die durch keine direkte Erfahrung als vorhanden bestätigt werden konnten, die der Erfahrung sogar geradezu widersprechen.

Der Mensch erreicht wol mit dem Bleilothe Meerestiefen von 10- bis 25,000 Fuß, er hat aber bis jetzt noch kein Wasser in solchen Tiefen aufschöpfen können, weil der ungeheuere Druck alle Hohlgefäße zertrümmert, ehe sie dahin gelangen. In die feste Erdrinde hinab ist er ebenfalls erst wenige Tausend Fuß tief vorgedrungen; der Augenschein konnte ihn deshalb über die daselbst vorliegenden Thatsachen nicht belehren. Dennoch ist es ihm verstattet, an der Hand der Physik und Chemie seinen Scharfsinn zur Erklärung der dort wirksamen Erscheinungen zu üben, und jede neue Entdeckung auf dem Gebiete dieser Zweige der Naturwissenschaften muß der Geologie zur Gewinnung neuer Anschauungen über die Vorgänge in jenen Tiefen behülflich sein.

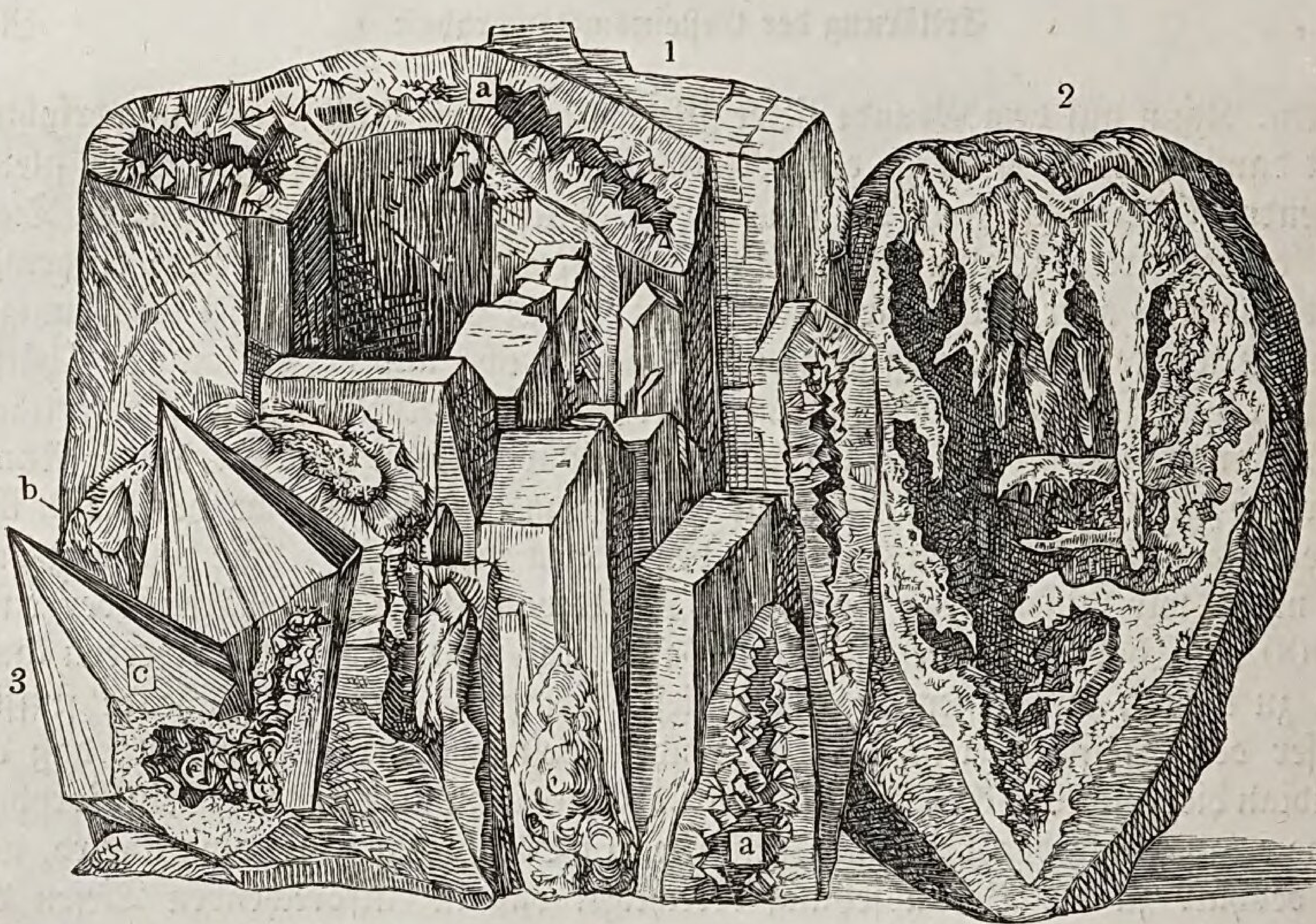


Fig. 119. 1. Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspath; 2. Quarz über Brauneisenstein gedrust; 3. Pseudomorphosen von Eisenglanz nach Kalkspath.

C. Entstehung der Erzlager und Gänge.

Die Erzlager und Gänge sind für die Gewerbe, für den Wohlstand und die Gesittung der Menschen von so großer Wichtigkeit, daß ihrer Entstehung einige Aufmerksamkeit zugewendet werden muß. Die Schwefelmetalle, namentlich Schwefeleisen, Schwefelkupfer, Schwefelzink, Schwefelblei, in Verbindung mit Silber und Gold, finden sich so vielfältig als Beimischung in Wasserabsätzen; sie kommen so oft als Versteinerungsmittel von Pflanzen und Thierresten vor, welche jenen Sedimenten eingebettet sind, daß sie unbezweifelt als aus wässeriger Auflösung niedergefallen angesehen werden müssen. Wir haben schon im Vorhergehenden nachgewiesen, wie die Natur vorzugsweise den Pflanzen diese Ausfällung der Metalle zugetheilt hat, und müssen hier noch weiter hinzufügen, daß selbst die in den Sedimenten eingeschlossenen kohlenstoffhaltigen Pflanzenreste (das Bitumen und der Kohlenstoff) noch befähigt sind, diese Niederschlagung und Umwandlung der Metalloxyde und Salze in Metalle (Reduction) zu bewirken. Aus diesem Grunde sind denn kohlenstoffreichere oder bituminösere Schichten eines Gesteines in der Regel metallreicher als weniger kohlenstoffhaltige. Die in letztern zerstreut gewesenen metallischen Theile wurden längst nach der Ablagerung von Säuren (Sauerstoff, Kohlensäure, Schwefelsäure, Arsensäure u. s. w.) und von Wasser ausgelaugt und darauf den kohlenhaltigern Schichten zugeführt. Hier wirkten die Kohlenstoffverbindungen und schon vorhandene Schwefelmetalle auf jene, wenn auch noch so schwache Metallsalzlösung ein; die Metalle reducirten sich zum Theil zu Schwefel- und Arsenerzen, zum Theil zu gediegenen Metallen; sie gingen unter sich Verbindungen ein und es entstanden in Drusen, Blasenräumen, auf Kluft-



Eisenbergwerk Nordmark in Schweden.

Buch der Geologie. I. Bd. 2. Aufl. S. 207.

Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig.



flächen, Spalten und Gängen, selbst im Innern des Gesteines, jene schönen Krystalle der verschiedenen Erze und Metalllegirungen. Auf diese Weise sammelt die Natur selbst die Metalle an; sie erleichtert dadurch dem Menschen deren Gewinnung und Benutzung, wie dies z. B. in dem reichen Eisenbergwerk von Nordmark in Schweden der Fall ist, das uns das beigefügte Tonbild darstellt. Es ist von der Natur in die kleinsten unbeachtetsten Dinge die Befähigung gelegt, dem Ganzen und damit schließlich auch dem Menschen nützlich zu sein; das verwesende Pflänzchen sammelt im Fels begraben Kupfer, Blei, Zink, Silber und Gold, als ob es damit deren Nutzbarmachung dem Menschen erleichtern wolle. In die Metalle selbst ist außerdem noch das Bestreben gelegt das Gleiche zu suchen und sich ihm anzuschließen; deshalb sammeln sich die Erzatome in Krystallgruppen, in Platten und auf Spalten in der Erde an. Wir wollen dies an einigen Erzlagerstätten prüfen, indem wir deren Entstehung untersuchen.

Es ist im Vorhergehenden schon öfters darauf hingewiesen worden, daß die Verbindungen des Eisenoxydules mit Kohlensäure im Wasser auflöslich sind, daß Kohlensäure und Wasser den Eisengehalt der Felsmassen auslaugen und auf Kalkstein wieder absetzen, indem sie anstatt des Eisens nun Kalk fortwaschen. So entstehen viele Eisenlager. Wir erkennen dies an den in Roth-, Braun- und Spatheisenstein verwandelten ehemals kalkhaltigen Thier- und Pflanzenresten; an den Umwandlungen von Kalkspath und Kalkstein. Die Vignette Fig. 119 giebt unter 3 zwei Krystalle von der Kalkspathform, welche in Eisenglanz umgewandelt sind. Bei c sind die Außenflächen abgeschlagen, man erkennt im Innern der Krystalle die blätterigen Rosen des Eisenglanzes. Hat sich auf diese Weise ein eisenreiches Lager gebildet, so scheidet der in der Erde thätige chemische und elektrische Prozeß auch den neben den kalkhaltigen Thier- und Pflanzenresten niedergelegten Schwefelkies in seine Bestandtheile; Schwefel wird entfernt und Sauerstoff zugeführt, wobei die Formen jenes Schwefelmetalles, nun von Eisenoxyd erfüllt, als Denkmale zurückbleiben. Endlich werden auch andere Mineralien, als Flußspath, Granat, selbst Quarz und Feldspath, von dem auf seiner Wanderung durch Attraktion festgehaltenen Eisenoxyde verdrängt; es entstehen Pseudomorphosen des Rotheisensteines nach diesen Mineralien. Solchen chemischen Vorgängen verdanken jene mächtigen Eisensteinablagerungen, welche den Wohlstand so vieler Gegenden der Erde bedingen, welche der Menschheit die Mittel bieten, sich durch Arbeit zu veredeln, ihren Unsprung. Alle diese Eisensteinlager dringen nur wenige hundert Fuß tief in die Erde ein; sie sind mehr Oberflächenbildungen und werden nach der Tiefe hin unedel und unbauwürdig. Je älter ein Gestein ist, und je mehr der Stoffwechsel durch geeignete Stellung der Schichten in ihm angeregt wurde, desto häufiger und reicher stellen sich die Eisenerzlager ein; die schaffende Thätigkeit der Natur hatte zu ihrer Ausbildung hier am längsten Zeit. Daher der große Reichthum an Eisenerz in den krystallinischen Gesteinen Schwedens, in den ältern Sedimenten Rheinpreußens, Nassaus und Steiermarks, in der ältern Steinkohlenformation und dem Zechsteine. Weniger reich sind schon die mittlern Flötzschichten, als Trias, Jura und Kreide, und am ärmsten die jüng-

sten Formationen. In letztern sind die Lager gewissermaßen noch nicht zur Reife gelangt. Auch das in Wasser auflösliche kohlensaure Zinkoxyd (der Galmei) ist durch Kalkstein niedergefällt und auf abbauwürdigen Lagerstätten angesammelt. Wir erkennen dies an der Umwandlung, welche der Kalk der Muschelschalen erfuhr; denn aus Galmei hat eben so wenig eine Schnecke ihr Gehäuse gebaut wie aus Eisenoxyd oder Schwefeleisen. Solche Galmeilager kommen bei Tarnowitz in Schlesien, Brilon in Westfalen und bei Wiesbach in Baden vor.

Wie sich Kupfer, Blei und Zink in Form von Schwefelmetallen in den Schichten als Lager ansammeln, ist schon vorher angedeutet; hier soll nur noch nachgeholt werden, daß diese Erze tief in das Innere der Versteinerungen eindringen und sich auf den Absonderungsflächen der Gesteine als krystallinische Ueberzüge oder einzelne Krystalle ebenso anlegen, wie sich im galvano-plastischen Apparate die Metallplatten bilden. An eine Zuführung auf feuerflüssigem Wege kann bei dieser Anordnung der Stoffe und dem Wohlerhaltensein der Versteinerungen nicht im Entferntesten gedacht werden. Auch Gold und Silber und Quecksilber kommen auf Versteinerung führenden Lagern, wenn auch wie überall in sehr geringer Menge, vor; ersteres ist sogar als Pseudomorphose nach Spatheisenstein im Kieselschiefer der rheinischen Grauwacke (bei Corbach) beobachtet worden. Also auch hier Zuführung der Metalle in nasser Auflösung und Niederschlagung derselben durch chemische und elektrische Kräfte.

Wenn die Gesteine auf die in den vorhergehenden Abschnitten beschriebenen Weisen aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand übergeführt werden, wenn dabei alle ihre Stoffatome, ohne daß die ganze Masse des Gesteines selbst erweicht, in Bewegung kommen und ihren Ort wechseln, so müssen auch die metallischen Bestandtheile derselben an dieser Wanderung theilnehmen. Ihre Quantität ist allerdings verhältnißmäßig sehr gering, weshalb wir sie auch in den Mineralquellen nur in geringen Mengen finden, aber der elektrischen Anziehung sind sie in höherm Grade unterworfen, als alle andern Stoffe. Sobald also die Stoffwanderung in einer Schicht beginnt, werden auch die Metalle in Bewegung und an solchen Punkten, wo die elektrische Spannung sich ausgleicht, also auf Spalten und Absonderungsklüften, wieder zur Ruhe kommen. Hier werden sich neben ihnen auch andere Mineralien anhäufen, aber nach dem Gesetze der Attraktion sammeln sich sowol die verschiedenen Metalle, als auch die verschiedenen andern Mineralien an besondern Stellen, und wie wir sie oben bei den Gängen kennen lernten. Wären die oft kaum Linien starken Gänge feuerflüssig aus dem Erdinnern hervorgetrieben worden, so hätten sich die Metalle Silber, Kupfer, Bleiglanz, Kupferkies, Zinkblende, Arseneisen u. s. w. zu einer Legirung vereinigen müssen, wie es doch in unsern Schmelztiegeln sich verhält. Weil solche Legirungen aber nicht und nie vorkommen, vielmehr die Metalle in feinen punktgroßen Körnchen neben einander liegen, so kann diese Ansicht nicht zur Erklärung der Erscheinung ausreichen. Nicht minder ist diejenige als eine in der Erfahrung nicht bestätigte anzusehen, welche die Metalle in Rauchform aus den Tiefen treten läßt. Beide fallen vor der genauern Betrachtung der Gangvorkommnisse.

An den Punkten, an denen mehrere Spalten im Gesteine zusammentreffen, mußte die Stoffzuführung am reichlichsten erfolgen; hier konnten sich sohin die meisten Erze ansammeln. Sehr abhängig ist diese Ansammlung außerdem noch von den Gesteinsarten, welche ein Gang durchsetzt, wie wir oben schon mitgetheilt haben, so daß ein und derselbe Gang unhaltig wird, sobald er eine Gesteinschicht verläßt und erst wieder Erze ansetzt, wenn er aufs Neue ein ähnliches Gestein trifft. Diese Thatsachen führen zu der Ansicht, welche die Gangausfüllung nur als eine durch Attraktion und Elektricität bewirkte Ansammlung gewisser Bestandtheile des Nebengesteines gelten läßt. Es fällt nunmehr nicht schwer, die allmälige Zunahme des Ganges nach seiner Dicke zu erklären. Die zonenartig auf ihm gesammelten Mineralien und Erze kamen nicht auf einmal, sondern in langen Zeiträumen zum Absatze; sie mußten sich den Raum, den sie einnehmen, erzwingen und folgten dabei den schon vorhandenen, durch Hebung oder Senkung des Gesteines entstandenen haarfeinen Spalten, wobei es sich denn öfters ereignete, daß scharfeckige Gesteinbruchstücke mitten in die Gangausfüllung geriethen. Wenn wir diese Vorgänge durch den Versuch beweisen wollen, so stellt uns die Natur das aus dem flüssigen in den starren Zustand übergehende Wasser zur Verfügung; oder sie bietet uns in den schnell krystallisirenden Salzen die Mittel, in kurzer Zeit zu wiederholen, was sie in Tausenden von Jahrmillionen vollendet hat.

Wenn im Frühjahre der Schnee an sonnigen Abhängen aufzuthauen beginnt, so dringt Wasser in die Erde, welches bald wieder gefriert. Dieses wieder zu Eis erstarrende Thauwasser hebt oft große Erdschollen in die Höhe; man sieht solche zuweilen höher als handhoch über der Erdoberfläche auf einer faserigen Eismasse liegen. Eine wagrechte Spalte von solcher Breite oder Höhe ist aber undenkbar, denn die Erdscholle würde sie alsbald verschließen; eben so wenig schwimmt eine Erdscholle auf dem Wasser, sie sinkt vielmehr darin unter. Die handhohe Eismasse kann also nicht auf einmal gebildet, sondern sie muß allmälig unter die Erdscholle gelangt sein; sie hat sich ganz langsam durch zusickerndes Wasser verstärkt, und die auf ihr ruhende Last von der Erdoberfläche getrennt

Etwas ganz Aehnliches entsteht, wenn man in einem nicht gut glasurten, Wasser durchschwitzen lassenden irdenen Topf eine vollkommen gesättigte Auflösung von Kupfer- oder Kobaltvitriol gießt und ruhig hinstellt. Die im Topfe enthaltene Auflösung dringt langsam durch die Wände und den Boden; auf der Außenfläche verdunstet das Wasser alsbald, während der Vitriol krystallisirt. Dieser Hergang ereignet sich auch zwischen der Tischplatte und dem Topfboden; es entsteht daselbst ganz allmälig eine Schicht Vitriol, welche den Topf sammt seinem Inhalte aufhebt. So sind auch die Bestandtheile eines Ganges allmälig in kleinen Mengen auf die haarfeine Spalte geführt und nach und nach niedergeschlagen worden, wobei Attraktion und Elektricität gleichmäßig thätig die Stoffe in Krystallform anordneten. Nie rastet nun diese Thätigkeit auf den Gängen, wie sie nie im Gesteine und nirgends auf Erden ermüdet. Die abgelagerten Metalle und Mineralien werden aufgelöst, zersetzt, durch andere neu zufließende

verdrängt. Es bilden sich zahllose Sekundärprodukte, gewissermaßen die Verwesungsprodukte der anfänglich vorhandenen Stoffe, und wir sehen mit Staunen die reiche Mandhfaltigkeit von Pseudomorphosen auf diesen Lagerstätten.

So wurde, um eines Falles zu erwähnen, auf den mächtigen Schwerspathgängen der Uebergangsformation bei Butzbach und Usingen im Taunus, auf denen die Schwerspathkrystalle durch Schwefelkies bedeckt vorkommen, der Schwerspath vollständig fortgeführt, wahrscheinlich indem ihn bituminöses Wasser als Schwefelbarium auflöste. Die Hülle von Schwefelkies blieb dabei unverletzt, gleichsam wie eine Form stehen, in deren Hohlräumen sich nun krystallisirter Quarz ansiedelte. Der Quarz kommt solcherweise als Pseudomorphose nach Schwerspath vor und bedeckt letzteren in großartigen, aus fußlangen Krystallen bestehenden Rosetten. Unter 1 stellt die Fig. 119 eine große Gruppe solcher Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspath vor. Bei a a sind die Krystalle durchgeschlagen, so daß deren Ausfüllung von krystallisirtem Quarze sichtbar wird. Die Quarzkrystalle sitzen überall mit der Hauptaxe ihrer Form senkrecht gegen die Außenwände der Schwerspathform. b bezeichnet faserigen Brauneisenstein. Nachdem dieser, wahrscheinlich außerordentlich lange Zeiträume in Anspruch nehmende Hergang vollendet war, ward der Schwefelkies zerstört; ein Theil seines Eisengehaltes verblieb als Brauneisenstein in den leeren Räumen, ein anderer Theil ward sammt dem Schwefel weit fortgeführt. Ueber den neugebildeten Brauneisenstein hin setzte sich nunmehr in ganz kleinen hellen Krystallen wiederum Quarz an und überzog die dunkeln Eisenstalaktiten mit einer brilliantirenden Decke. In Fig. 119 haben wir unter 2 eine solche Druse ihr beigefügt. Die in ihr hängenden Zapfen bestehen im Innern aus Brauneisenstein und sind außen von weißem Quarz bedeckt. Zuweilen siedelten sich auf dieser Quarzbedeckung kleinere, wasserhelle, farblose oder gelbe Schwerspathkrystalle an, welche in der Regel andere Krystallflächen besitzen, als die ersten zerstörten Gangschwerspathe; ein Anzeichen, daß während ihres Wachsthumes die elektrischen Kräfte, denen die Anordnung der Atome zugetheilt ward, eine größere oder geringere Stärke besaßen, als zu jener Zeit, in welcher die erste Gangausfüllung in regelmäßigen Körperformen anschoß.

Wo Metalle auf den Gängen auftreten, verändern sie sich leicht in Metallsalze, wie z. B. Schwefelblei in Bleivitriol, phosphorsaures und kohlensaures Blei; Kupferkies in Malachit, Kupferlasur und Kupferbraun; Arsenkobalt in Kobaltblüte und Kobaltvitriol; Fahlerze, aus Kupfer, Blei, Antimon, Arsenik und Silber bestehend, in allerlei Blei-, Kupfer- und Antimonverbindungen und gediegen Silber, welches dann oft haar-, draht- und baumförmig an Pseudomorphosen anderer Mineralien hängt. Dabei siedeln sich Quarz, Zeolithe, Kalk- und Bitterspath auf andern zum Theil verdrängten Mineralien an; es finden vielfältige Durchwachsungen statt, gleichsam als wenn ein Mineral das andere verzehren wollte.



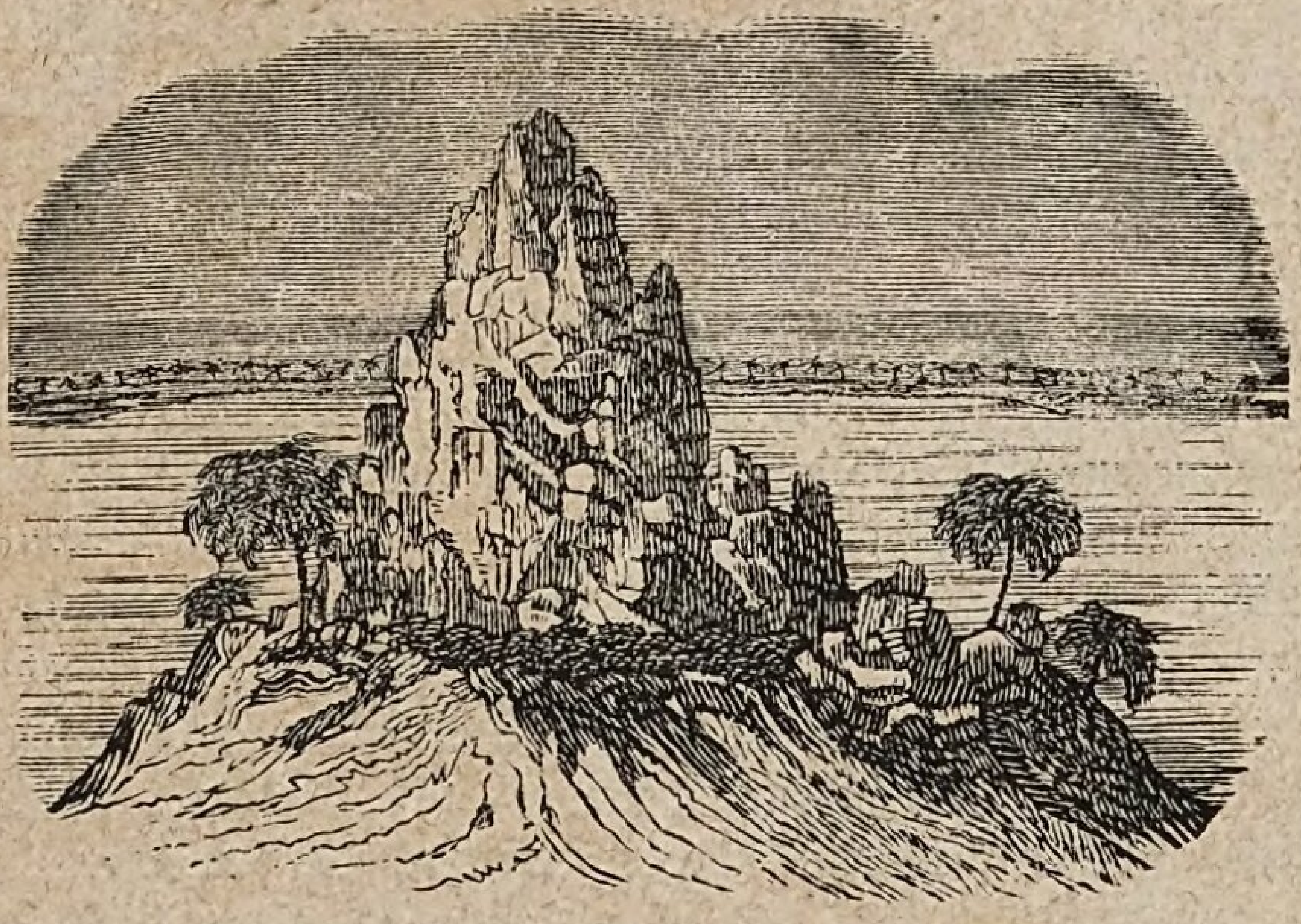
Schluß.

Auf dem eben abgehandelten Gebiete der Geologie bleibt noch Vieles aufzuhellen. Außer den interessanten Resultaten, welche die Erforschung der hier waltenden Kräfte liefert, gewährt eine eingehendere Beschäftigung mit dem Studium der Pseudomorphosen auch noch dadurch einen besondern Genuß, daß es der Sammler mit meist dem Auge wohlgefälligen, glänzenden und schön gefärbten Gesteinstücken zu thun hat. Die krystallreichen Drusen, eigentlich Gänge im Kleinen, eben so die eigentlichen Gänge der Bergwerke sind die ergiebigsten Objekte für jenes Studium. Jedes Handstück eines Ganggesteines enthält Stoff zum Nachdenken und zur Erforschung. An jedem kann ein Stück Erdgeschichte nachgewiesen werden, denn alle sind die Erzeugnisse des Lebens des Erdballes.

Durch eine eingehendere Verfolgung der hier angedeuteten Vorgänge verändert sich in angenehmster Weise die Vorstellung, welche der Forschende gewöhnlich von der Erde, unserm heimatlichen Planeten und gemeinsamen Wohnplatz, mitzubringen pflegt. Von Haus aus erscheint uns der feste Grund und Boden leblos und todt; — zerfallen die Atome der Pflanze zu Erde, so dünkt es uns: als seien sie der Vernichtung anheimgegeben. Schon durch die obigen Betrachtungen aber, die wir noch über eine lange Reihe von Thatsachen ausdehnen könnten, würde es sich immer und immer wieder ergeben, daß die Erde, als Ganzes betrachtet, ein belebtes Wesen ist. Die sie zusammensetzenden Stoffe durchlaufen Kreisbahnen in ihr, wie sie selbst um die Sonne kreist; jedes Atom tritt in Verbindungen mit anders gearteten Atomen, bildet damit gewisse Formen, die wieder zerfallen, sobald die Verbindung gelöst wird. Da die Stoffe nie rasten, sondern,

kaum daß sie in einem eingegangenen Bündnisse befriedigt schienen, sogleich wieder nach Auflösung streben und, das Fremde suchend, andere Formen aufbauen, so erkennen wir überall auch in der für leblos gehaltenen Erde einen solchen Wechsel des Stoffes beziehentlich des Ortes und der Form, der uns vielfach selbst an Vorgänge im Leben organischer Wesen erinnert. In der Natur sind Ruhe und Tod nur scheinbar, allenthalben wirkt, wie wir in verschiedenen Abschnitten unsers Buches vielfach zeigten, der rastlos schaffende Gottesgedanke, der das Weltall fort und fort gestaltet, belebt und leitet.

Im zweiten Bande dieses Buches werden wir uns vorzugsweise mit jenem Formenwechsel beschäftigen, aus dem im Verlaufe der allmäligen Entwickelung des Erdballs die verschiedenen Thier-, Pflanzen- und Gesteinsgestalten entsprangen, welche von der Wissenschaft mit dem Namen geologische Formationen unterschieden worden sind. Wenn nun schon das Erkennen dieser Formationen für die Gewerbe und das technische Leben von höchster Wichtigkeit ist, wenn es für den Bergbau namentlich die unerläßlichste Bedingung bildet, so erhält ein solches eingehendes Studium doch auch noch eine höhere Bedeutung. Denn wie wir es bei den unorganischen Formen vielfach betrachtet, daß die Gestalten ununterbrochen wechseln nach festem Gesetz, indem sie sich zu einander gesellen, dann wieder zerfallen und neue und immer wieder neue Verbindungen aus ihnen hervorgehen, — so nehmen auch die Organismen an diesen ewigen Veränderungen Theil. Thier- und Pflanzengeschlechter verschwanden von der Erde und neue entstanden — ein Gleichniß dahinsinkender Menschengeschlechter, untergehender Völker und neu aufblühender Staaten. Wer vermöchte das Endziel zu bezeichnen, welches diesem Wechsel und Werden gesetzt ist!



Ende des ersten Bandes.

Das

Buch der Geologie.

Zweiter Band.

In demselben Verlage ist erschienen:

Die Wunder des Mikroskops

oder

die Welt im kleinsten Raume.

Für Freunde der Natur und mit Berücksichtigung der studirenden Jugend bearbeitet

von

Dr. Moritz Willkomm,

Professor an der Akademie für Forst- und Landwirthschaft zu Tharandt.

Zweite, sehr vermehrte Auflage.

Mit über 1000 in den Text gedruckten Abbildungen.

---

19 Bogen. Elegant geheftet $1^1/_3$ Thlr. — In engl. Leinewand $1^2/_3$ Thlr.

Wie das Teleskop uns die Tiefen des Weltalls erschließt, uns die fernen Gestirne des Himmels näher rückt, so eröffnet das Mikroskop uns neue Welten voller Wunder in der nächsten Umgebung. Mit seiner Hülfe beobachten wir das reiche Leben, die wunderbare, manchfaltige und doch stets plan- und regelmäßige Bildung derjenigen Theile der Schöpfung, welche wegen ihrer Kleinheit dem unbewaffneten menschlichen Auge nicht wahrnehmbar sind.

Der rühmlichst bekannte Verfasser führt uns schrittweise ein in die staunenswerthen Resultate, womit das Mikroskop in der Hand verdienstvoller unermüdlicher Forscher die Erkenntniß des Menschen von der ihn umgebenden Natur so unendlich bereichert hat. Er bringt die kleinsten Körper des Wassers, der Erde, der Luft unter das tausendfach vergrößernde Instrument, läßt uns dann belehrende Blicke thun in den organischen Bau der Pflanzen, der niederen und höheren Thiere, endlich des vollkommensten Organismus, des Menschenleibes selbst, und schließt mit der Anwendung mikroskopischer Untersuchungen auf das Erkennen der Aechtheit oder Verfälschung von Nahrungsmitteln, Waaren und Stoffen des täglichen Gebrauchs. Letzterer Abschnitt namentlich, dem ein besonderes Kapitel „das Mikroskop als Waarenprüfer" gewidmet ist, bildet eine höchst werthvolle Vermehrung dieser neuen Auflage des Buches, das sich bereits in der früheren Auflage des allgemeinsten Beifalls aller Kenner sowol wie der ganzen gebildeten Lesewelt zu erfreuen hatte. Seitens des Verlegers ist nicht minder durch neue Abbildungen darauf hingewirkt worden, den Werth und die Brauchbarkeit des Buches zu erhöhen.

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.



Ideale Landschaft der Miocenperiode. Nach Unger.

Buch der Geologie. II. Bd. 2. Aufl. Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.



[illegible] Nach Unger.

Das

Buch der Geologie.

Naturgeschichte der Erde

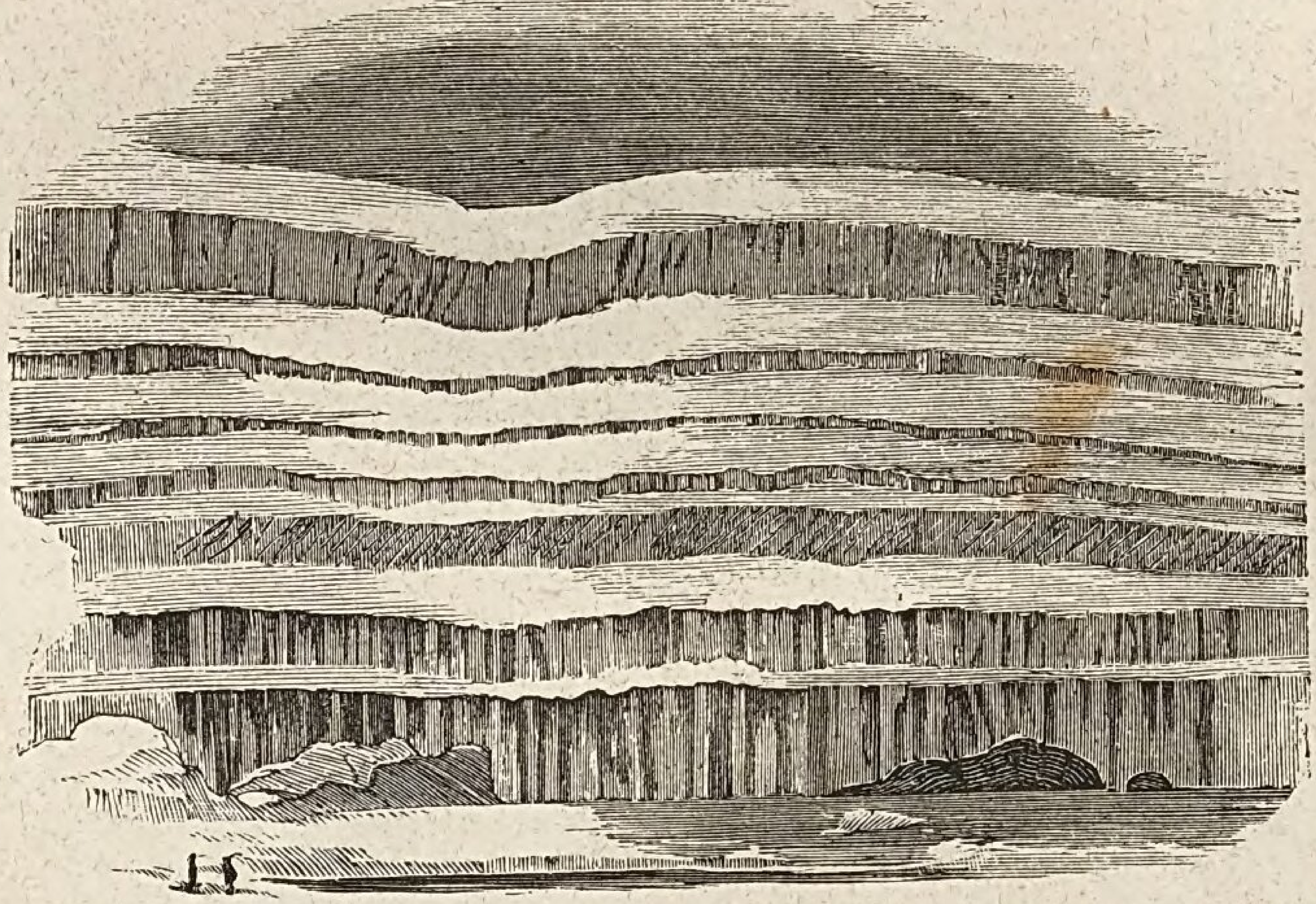
in

allgemein verständlicher Darstellung für alle Freunde dieser Wissenschaft

von

Rudolph Ludwig.

Zweite neu bearbeitete Auflage.



Zweiter Band.

Mit 4 Ton- und Buntdrucktafeln, sowie 150 in den Text eingedruckten Abbildungen.

Leipzig.

Verlag von Otto Spamer.

1861.

Leipzig
Druck von Giesecke & Devrient.

Das

Buch der Geologie.

Inhalt.

Zweiter Band.

Entwickelung des Erdballs und seiner Gesteinsformationen (Geogenie).

Seite

Einleitung: Die Aufgabe der Geologie 3
1. Aufsuchung und Bestimmung der Versteinerungen 6
2. Aufsuchung und Bestimmung der in den Gesteinen vorkommenden Mineralien und deren Pseudomorphosen 10
3. Untersuchung der Lagerungsverhältnisse der Gesteine 13

Vierter Abschnitt.

Beschreibung der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteinsformationen.
1. Flora und Fauna der paläozoischen Periode 23
2. Flora und Fauna der mesozoischen Periode 28
3. Flora und Fauna der känozoischen Periode 31

I. Die Formationen der Urzeit.
1. Geschichtete Urgesteine 34
2. Massig abgesonderte Urgesteine 36
3. Eigentliche Eruptivgesteine im Urgebirge 38
4. Lager und Gänge von Erzen und andern Mineralien im Urgebirge 38
   a. Untergeordnete Lager 38
   b. Gänge im Urgesteine 39
5. Allgemeine Lagerungsverhältnisse und Bau der Urgebirgsmassen 41

II. Paläozoische Formationen.
A. Silurische Formationen 43
   a. Thiere 44
   b. Pflanzen 49
1. Sedimentäre Gesteine der Silurformation 50
2. Eruptive Gesteine der Silurformation 52
3. Metamorphosirte Gesteine der Silurformation . . . 53
4. Gänge, Erze, Kohlen- und Salzlager in der Silurformation 53

Seite

B. Devonformation 55

a. Thiere 56
b. Pflanzen 60
1. Sedimentgesteine der Devonformation 61
2. Eruptivgesteine der Devonformation 66
3. Metamorphosirte Gesteine der Devonformation . . 66
4. Gyps, Steinsalz, Steinkohlen, Baryt, Erzlager und Gänge der Devonformation 67

C. Carbon- oder Steinkohlenformation 69

a. Thiere 70
b. Pflanzen 74
1. Sedimentgesteine der Steinkohlenformation . . . 80
a. Meeresabsätze der Steinkohlenformation 81
b. Landbildungen der Steinkohlenformation 82
2. Eruptive Gesteine der Steinkohlenformation . . . 87
3. Metamorphosirte Gesteine der Steinkohlenformation 88
4. Kohlen- und Erzlager in der Steinkohlenformation 88

D. Permische Formation 92

a. Thiere 92
b. Pflanzen 94
1. Sedimentgesteine des permischen Systems 96
2. Eruptive Gesteine des permischen Systems 100
3. Metamorphosirte Gesteine des permischen Systems . 101
4. Erze, Salz und Steinkohle in dem permischen System 101

Rückblick auf die paläozoischen Formationen 103

III. Mesozoische Formationen.

A. Triasformation 106

a. Thiere 107
b. Pflanzen 111
1. Sedimentäre Gesteine der Trias 113
2. Metamorphosirte Gesteine der Trias 115
3. Eruptive Gesteine der Trias 116
4. Steinsalz, Eisen-, Kupfer-, Zinkerze, Schwerspath und Steinkohle in der Trias 116

B. Juraformation 119

a. Thiere 121
b. Pflanzen 130
1. Sedimentäre Gesteine der Juraformation 133
a. Meeresabsätze der Juraformation 133
b. Süßwasser- und Landbildungen der Juraformation . . . 136
2. Eruptive Gesteine der Juraformation 137
3. Metamorphosirte Gesteine der Juraformation . . 137
4. Lager nutzbarer Mineralien, Erze und Kohlen in der Juraformation 138

Seite

C. Kreideformation 140
a. Thiere 140
b. Pflanzen 146
1. Sedimentgesteine der Kreideformation 148
2. Eruptive Gesteine der Kreideformation 150
3. Metamorphosirte Gesteine der Kreideformation . . 151
4. Steinkohlen, Erze, Salz und andere nutzbare Mineralien in der Kreideformation 151

IV. Känozoische Formationen.

A. Tertiärformation 156
a. Thiere 158
b. Pflanzen 167
1. Sedimentäre Gesteine der Tertiärformation . . . 170
a. Meeresbildungen 170
b. Süßwasser- und Landbildungen 173
2. Eruptive Gesteine der Tertiärformation 175
3. Metamorphosirte Gesteine der Tertiärformation . 178
4. Erze, Kohlen, Salz und andere nutzbare Mineralien 179

B. Quartärformation 183
a. Thiere 184
b. Pflanzen 189
1. Sedimentgesteine der Quartärformation 189
2. Eruptive und vulkanische Gebilde der Quartärformation 196
Schlußbemerkungen 198

Fünfter Abschnitt.

Die Entwickelungsgeschichte des Erdballes.

Hypothesen über die Entstehung der Gestirne 199
Beginn der wissenschaftlichen Geologie 201
Zustand der Erde zur Zeit der Silurformation 202
Was ist eine geologische Periode? 205
Die Erdoberfläche während der Devonformation 206
Die Erde in der Steinkohlenperiode 210
Die Erde während der Periode des Todtliegenden 212
Die Erde während des Zechsteines 214
Geologische Vorgänge während der mesozoischen Periode 216
Australien als alter Erdtheil 218
Die Erde während der Trias- und Juraperiode; während der Kreideperiode, der Eocenperiode 218
Die Ost- und Westhälfte der Erde 224
Die Erde in der Quartärzeit 227
Schluß 229

Die zu diesem Bande gehörigen Tonbilder sind in folgender Weise einzuschalten:

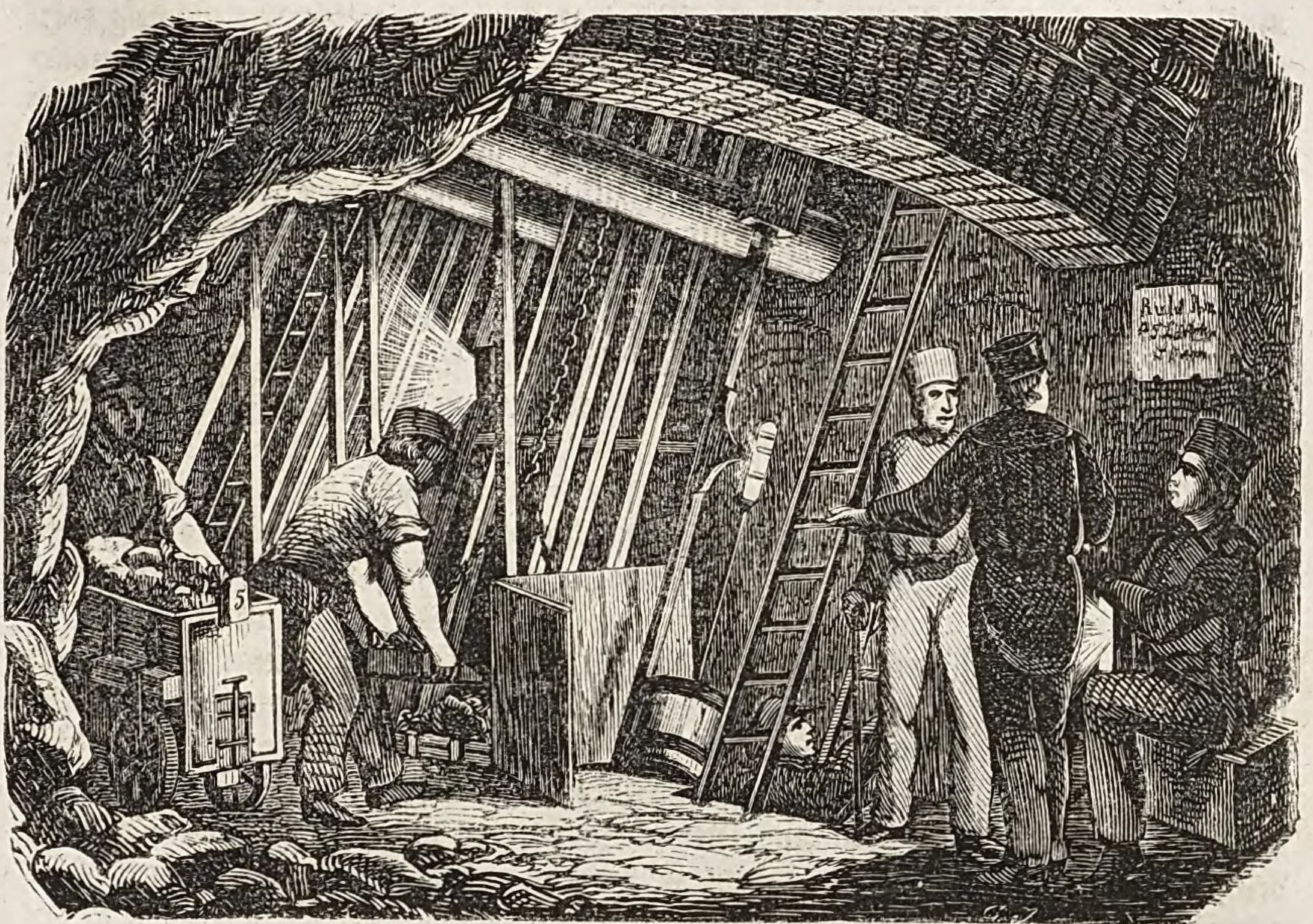
Ideale Landschaft der Miocenperiode (zu S. 225) wird Titelbild
Die Fingalshöhle . . . . Seite 173
Trachytfelsen von Hombori im Sudan . . . . „ 194
Ideale Landschaft der Keuperperiode . . . . „ 217
Das in diesem II. Bande S. 219 besprochene Bild: Ideale Landschaft aus der Juraperiode ist dem I. Bande als Titelbild beigeheftet.

Bemerkung für den Buchbinder: Der hier nochmals beigegebene Inhalt zum ersten Bande, S. VII u. VIII, ist demselben an Stelle des früheren Inhaltsverzeichnisses vorzuheften.

Zweiter Theil.

Entwickelungsgeschichte des Erdballs und seiner Gesteinsformationen

(Geogenie).



Einleitung.

Die Aufgabe der Geologie.

Die Geschichte der Erde, die Entstehung, Jugend und fortgehende Entwickelung des Planeten, den wir bewohnen, hat einen so mächtigen Reiz auch für den, der sich nicht ausschließlich einer Wissenschaft widmen kann, — wie kaum ein anderer Zweig der Forschung. Gehen ja doch die Fragen über die Entstehung der uns umgebenden Pflanzen und Thiere, ja jene unsers eigenen Geschlechts damit eng Hand in Hand.

Zu diesem Reiz, der in der Wissenschaft der Entstehungsgeschichte des Erdballs an und für sich schon liegt, kam noch ein zweiter Umstand, welcher dazu beitrug, die Geologie den weitern Kreisen des Volkes näher zu führen. Gerade in derselben Zeit, als die alten Lehrgebäude der Geologie, Mineralogie und Geognosie sich veränderten, zum Theil durch gänzlich neue Anschauungen ersetzt wurden, — eine Folge mit davon, daß die Forschung sich über die Grenzen des engern

Vaterlandes hinaus erstreckte, und die Resultate benutzte, welche die mächtig fortschreitenden verwandten Wissenschaften boten, — gerade im Beginn des gegenwärtigen Jahrhunderts regte sich auch unter den Männern der ernsten Forschung das Streben, jene Ergebnisse, die sie durch jahrelange mühsame Anstrengungen errungen hatten, zum Allgemeingut der Nation zu machen. Sie betonten die Macht, welche die Naturwissenschaften als Bildungselement des Menschengeschlechts seien, und die Hervorragendsten von ihnen suchten ihren Schriften Formen zu geben, durch welche dieselben auch dem sogenannten Laien verständlich wurden.

Da aber jede junge Wissenschaft nur lückenhaft sein kann, so mußte dies mit der Geologie um so mehr der Fall sein, als selbige eine Vollendung ihrer sämmtlichen Hülfswissenschaften, der beschreibenden Naturgeschichte, Naturlehre, Chemie u. s. w. voraussetzen muß, welche diese durchaus noch nicht besitzen. Das Streben, dem wissensdurstigen Laien die Geschichte der Erde in möglichster Vollendung, die Schilderung früherer Zustände in thunlichster Vollständigkeit vorzuführen, brachte Viele dahin, die noch vorhandenen Lücken der Kenntniß mit Hülfe der Phantasie auszufüllen, anstatt solches der strengen Beobachtung anheimzugeben, — und, einmal vom festen Boden der ernsten Forschung abweichend, entrollten sich eine Anzahl von Hypothesen über die Vorzeit unserer Erde, die wol durch das Abenteuerliche ihrer Beleuchtung und Scenerie, durch das Ungeheuerliche der heraufbeschworenen Gestalten und Gewalten spannen und aufregen, aber statt zu belehren nur schaden mußten, indem sie zum mindesten den unbefangenen Blick trübten und das rege Weiterforschen hemmten, da scheinbar die Hauptfragen ja gelöst waren. Nachstehende Schilderung versucht von jenen Fehlern sich möglichst fern zu halten und wirklich Bekanntes von Hypothese streng zu sondern.

Wenn alle Theile der Erdoberfläche, wenn alle Schichten der sie bildenden Gesteinsformationen genau untersucht, die als Denkmale früherer Zustände des Erdballs in sie eingebetteten Versteinerungen, sowie die in ihnen durch den Stoffwechsel entstandenen Mineralien gründlicher erforscht sind, alsdann erst wird sich die *Geologie* ihrer Vollendung nähern. Diese noch so junge Wissenschaft stützt sich, wie alle andern Wissenschaften, auf die durch *Beobachtungen* erforschte *Wahrheit*. Aber weil sie noch so jung ist, weil noch viele Beobachtungen bis zu ihrer Vollendung hinzuzufügen sind, so mußte ihr in vielen Fällen die Einbildungskraft zu Hülfe kommen. Wir wollen nun der letzteren möglichst wenig Spielraum zugestehen, lieber bekennen: hier oder da ist die Wissenschaft, welche aus einer Verbindung einzelner bestimmt erkannter Thatsachen besteht, noch lückenhaft, und wollen alle diejenigen, denen die Wahrheit etwas gilt, und welche von dem Gedanken, der Mit- und Nachwelt zu nützen, beseelt sind, auffordern, diese Lücken durch Beobachtung noch unerkannter Thatsachen auszufüllen.

Wir wollen nicht aus Voraussetzungen, welche auf einzelnen unzusammenhängenden Beobachtungen oder gar auf naturwidrigen Annahmen beruhen, ein System der Erdgeschichte, eine Fabel *dichten*, wir wollen *erfahren, wie die Welt sich allmälig gestaltet hat!* Die Natur selbst bietet uns dazu die Mittel dar; es kommt nur darauf an, das Dargebotene zu würdigen. Wer mit

stumpfem finstern Gemüthe die Natur verachtet, oder wer den Stoff nur als Zweck des menschlichen Daseins betrachtet, der wird sich nie mit ganzer Kraft den vielen Mühen und Anstrengungen hingeben, welche das Studium der Natur erheischt. Aber diejenigen, welche in dem Weltall „Gottes Werk" erkennen, welche fühlen, daß sich des Schöpfers Größe in ihm offenbart, und daß Er durch die Natur zu allen Wesen verständlich redet, diese werden nie ermatten in der Erforschung der Ursachen, welche den Naturerscheinungen zu Grunde liegen. Mit welcher Hingebung durchwacht der Astronom die zur Ruhe des Körpers und des Geistes bestimmten Nächte, um das erhabene Gesetz zu ermitteln, nach welchem die Sternenbahnen geregelt sind; wie wenig fürchtet der Chemiker die giftigen Gase seiner Werkstätte, wenn er die Geheimnisse aufdeckt, welche die Stoffe in ihren Verbindungen umschleiern; was kann den Physiker, den Mathematiker, den Geschichtsforscher abhalten, mit ämsigstem Fleiße und nie ermüdender Geduld die oft so schwachen Spuren der Wege zu verfolgen, die zur Wahrheit führen? Zoologen, Anatomen, Physiologen und Botaniker untersuchen mit Aufopferung ihrer Sehkraft am Mikroskope die Gewebe, den Bau, das Wesen der zartesten Thier- und Pflanzengestalten; sie unternehmen die mühevollsten Arbeiten, setzen ihre Körper selbst den nachtheiligsten Einflüssen gefährlicher Versuche aus, um zur Erkenntniß des Richtigen, der ewigen Wahrheit, zu gelangen. Der Bergmann und Mineralog dringt in die Tiefen der Erde ein; er fürchtet nicht Wasser, noch den brennenden Schwaden der entzündlichen Luftarten der Erde; er erklettert die höchsten steilsten Felsen, nicht achtend der Gefahren, welche ein einziger Fehltritt veranlassen kann. Die kühnen Reisenden, welche die Meere durchschiffen, denen das Polareis kein Schrecken ist, deren Muth weder die wasserlose Steppe, noch das fiebererzeugende Sumpfgebiet der heißen Erdzonen brechen kann, welche dem räuberischen Sinn barbarischer Völker mit starker, todesmuthiger Seele trotzen, sie haben ein erhabenes Glück genossen, wenn sie nur ein Körnlein Wahrheit mehr erwarben und die Erfahrungen über den Bau der Erde, die Verbreitung von Pflanzen und Thieren vergrößern können. Alle diese Männer stehen da als eine feste Phalanx zur Erforschung der Wahrheit; auf sie Alle sehen wir mit Theilnahme und ein Schmerz durchzuckt uns, wenn einer von ihnen den schweren Pflichten seines Berufes unterliegt. Wir trauern um ihn mit Recht, denn die Menschheit verlor einen ihrer Freunde.

Wir wollen erfahren, wie die Welt sich allmälig gebildet hat, und wir können es!

Je mehr sich die Beobachtungen über die Verbreitung und die Vertheilung der Thier- und Pflanzenreste in den einzelnen Schichten der aus dem Wasser auf die Erdoberfläche niedergeschlagenen Gesteinsformationen erweitern und vermehren, je sorgfältiger diese Reste längst vergangener Geschöpfe unter sich und mit den jetzt die Erde bewohnenden verglichen werden, je genauer die Verbreitung der einzelnen Thier- und Pflanzenarten der jetzigen Schöpfung (Thier- und Pflanzengeographie) behandelt wird, je bestimmter die chemischen Vorgänge des Stoffwechsels in den Gesteinen und Mineralien aufgedeckt werden: desto geläuterter werden auch die

Ansichten über die Entwickelungsstufen des Erdballs, desto klarer tritt uns die Geschichte des Weltalls vor Augen.

Die außerordentliche Mandhfaltigkeit der bei geologischen Untersuchungen zu beachtenden Erscheinungen verwirrt leicht den Blick des Einzelnen, erschwert ihm die richtige Erkenntniß von dem Zusammenhange derjenigen Vorgänge, als deren Endergebniß jene Erscheinungen anzusehen sind.

Es müssen Viele in gleichem Streben zusammenwirken, um den Schleier zu heben, der hier die Wahrheit verdeckt; die Theilung der Arbeit ist in der Geologie so wichtig und nothwendig wie überall in der Naturerforschung. Laßt uns die einzelnen Richtungen, in welchen diese geologischen Forschungen aus einander gehen, etwas näher verfolgen.

1. Aufsuchung und Bestimmung der Versteinerungen.

Schon im ersten Band wurde angedeutet, daß einer jeden Abtheilung der sedimentären Gesteine eine eigenthümliche versteinerte Thier- und Pflanzenwelt (Fauna und Flora) zugehört; daß mit genügender Sicherheit nur nach den Versteinerungen das Alter einer Gesteinsformation beurtheilt werden kann. Die unerläßlichste Bedingung zu einer guten geologischen Untersuchung ist sohin die sorgfältigste Nachforschung nach diesen Dingen. Es genügt aber keineswegs, die Versteinerungen aus jedem einzelnen Schichtenverbande (Formation) im Allgemeinen zu kennen, aufzusuchen und zu sammeln, sondern es muß jede einzelne Schicht einer jeden Formation in dieser Beziehung mit gründlichster Sorgfalt durchgesehen werden. Es ist nöthig zu wissen, in welcher Weise die versteinerten Reste organischer Wesen in den Schichten vergesellschaftet sind, ob sie in vollkommener Erhaltung aller ihrer zartesten Theilchen in der Stellung und Lage, welche sie während ihres Lebens einnahmen, oder ob sie abgerieben, zerbrochen, auf und an einander gewachsen vorkommen. Durch fleißige Beobachtung ist ferner zu bestimmen, in welcher Reihenfolge die einer jeden Formation zugehörigen Versteinerungen übereinander in den Schichten liegen, weil nur dadurch festgestellt werden kann, wie Land-, Fluß-, Sumpf-, Strand-, Lagunen-, Korallen- und Hochseebildungen der verschiedenen Perioden der Erdentwickelung in einander greifen, auf einander folgen und sich vertreten. Sehr belehrend sind außerdem möglichst vollständige, nach den Schichten geordnete Sammlungen der in einer gewissen, bestimmt umgrenzten Gegend vorkommenden Versteinerungen; denn durch die Vergleichung vieler derartiger Zusammenstellungen wird die Thier- und Pflanzengeographie längst vergangener Zeiten erkannt.

Da es nun viele Gebirgsformationen giebt, — wir haben deren neun mit zahlreichen Unterabtheilungen kennen gelernt, — so ist schon das Sammeln der Versteinerungen eine viele Hände beschäftigende Arbeit, zugleich belohnend durch die meistentheils ungewöhnlichen und zierlichen Formen der versteinerten Wesen. Die sich dem Sammler entgegenstellenden Schwierigkeiten sind gewöhnlich nicht unerheblich; sie bestehen vorzüglich darin, daß die Versteinerungen in den plattenweise übereinander liegenden Thon-, Sand-, Kalk-, Sandstein-, Schieferthon-, Quarzfels- und Thonschieferschichten aufgesucht und aus denselben durch Sieben,

Waschen, Ausbrechen, Ausmeißeln, Schleifen gewonnen werden müssen. Wo die Gesteine durch Steinbrüche und Bergbau aufgeschlossen sind, bekommt man die Versteinerungen am besten, weil man sie aus dem frischen Gesteine entnehmen kann. Sehr oft aber entdeckt das Auge erst die organischen Formen, nachdem die Felsarten verwittert sind; alsdann sammelt man an den zu Tage ausstehenden Schichten.

Da es sich nur selten treffen wird, daß ein Versteinerungskundiger (ein Paläontologe) die Steinbrüche oder Bergwerke besucht, wenn gerade Versteinerungen enthaltende Schichten durchbrochen werden, so leuchtet ein, welche Verdienste die zunächst Wohnenden sich durch das Sammeln der organischen Reste um die geologische Wissenschaft erwerben können. Allerdings bestehen schon in vielen kleinern und größern deutschen Städten Naturaliensammlungen, in welchen auch viele schöne Versteinerungen aus der nächsten Umgebung zusammengetragen sind, im Allgemeinen ist jedoch die Anzahl derjenigen, welche sich mit diesem so wichtigen Zweige der Naturwissenschaften befassen, noch sehr gering, und es muß eine lebhaftere Betheiligung gewünscht werden.

Die mangelhafte Kenntniß der in der Erde vorkommenden Versteinerungen veranlaßte die nichtsbedeutende Bezeichnung der Gesteinsformationen nach Orten, wie z. B. Silur-, Devon-, Perm-, Jura-Formation, oder gar Koblenzer, Wissenbacher Schiefer, Algäuer Sand u. dgl. m., eine Bezeichnungsweise für Gesteine, welche Jedermann im Unklaren lassen wird über das Alter und Wesen der dadurch unterschiedenen Schichten. Die ungenügende Untersuchung dieser Gegenstände verursachte aber noch etwas weit Gefährlicheres: sie rief die zum Theil sehr wenig mit der Natur übereinstimmenden geologischen Vermuthungen (Hypothesen) hervor, welche wie eine Fabel sich anhören und dem Fortschritte der Wissenschaft und Forschung um so gefährlicher geworden sind, je angesehener ihr Erfinder war. Ist zufällig ein oder eine Anzahl in Deutschland vorliegender Fundorte einer Gesteinsformation arm an Thierresten, so glaubte der das System entwerfende Geologe annehmen zu dürfen, in jener Epoche sei die Anzahl der die Erde bevölkernden Thierarten gering gewesen; sind die aufgefundenen Thiere nur Strandbewohner, so ward auf ein flaches Meer in dieser Epoche geschlossen.

Diese wenigen Auseinandersetzungen werden schon genügen, uns zu überzeugen, daß nur erst ein geringer Anfang in der Erforschung der organischen Wesen der Vorzeit gemacht worden ist. Aber wenn auch die Lust, der Wunsch, sich mit jeder auch noch so geringen Kraft an der Untersuchung der Natur zu betheiligen, in Vielen erwacht sein wird, wenn jede Stadt ihre örtliche Naturaliensammlung haben wird, auch dann bleibt noch Vieles zu leisten übrig; denn die gesammelten Versteinerungen wollen nun auch bestimmt und erkannt sein.

Die Untersuchung dieser zum Theil nur in Bruchstücken, in einzelnen Körpertheilen erhaltenen organischen Wesen ist, wie von selbst einleuchtet, weit schwerer, als die der lebenden Thiere und Pflanzen; dennoch sind zahlreiche Merkmale für ihre Unterscheidung bewahrt geblieben und aufgefunden worden. Soweit uns jetzt ein Einblick gestattet ist, verhält sich die Ausbildung und Anordnung der Zellen und Spiralgefäße bei den versteinerten Pflanzen gerade so, wie bei der jetzt die

Erde schmückenden. Holz, Blätter, Blumen und Früchte stimmen in ihren allgemeinen Anlagen jederzeit so überein, daß die längst vergangenen Bäume, Kräuter, Gräser, Moose, Alpen und Pilze mit denen unserer Tage sicher und bestimmt verglichen werden können. Bei den niedern und höheren Thierklassen findet dasselbe statt; aus der Struktur eines Schalenbruchstückes erkennt der Reisende, ob das Thier, welches es einst trug, ein Krebs, ein Armfüßler, eine Schnecke, eine Muschel war; jeder Knochensplitter, jeder Zahn kann erkannt werden als ehemaliger Theil eines Haarthieres, eines Vogels, eines Lurches, Reptiles oder Fisches, da sein Bau genau nach denselben Gesetzen geordnet ist, welche heute noch für diese Thierklassen gelten. Mit Hülfe mikroskopischer Untersuchung und der vergleichenden Anatomie ist die Paläontologie im Stande, alle diese Reste zu klassificiren und selbst aus einem Bruchstücke eines Thieres oder einer Pflanze sich die Form und das Wesen des Ganzen abzuleiten; denn alle Körperformen lassen sich nach mathematischen Grundgesetzen erklären, berechnen und entwickeln, wie die neuere Anatomie und Osteologie uns belehrt haben. — Wenn also der Paläontologe aus einigen bekannt gewordenen Knochen das ganze Thier rückwärts construirt, gewissermaßen berechnet, so thut er nichts anderes, als was ein Maschinenbauer unternimmt, welcher aus einem oder einigen Theilen einer gut eingerichteten Dampfmaschine den Bau und die Construction des Ganzen ableitet, nur mit dem Unterschiede, daß die organischen Wesen folgerichtiger und weit weniger willkührlich gebaut sind, als die der Menschenhand, daß also das Bild, welches sich der Paläontologe entwirft, seinem Urbilde näher kommen kann, als das, welches sich der Mechaniker ableitet.

Die Anzahl derjenigen, welche sich mit der Untersuchung versteinerter Thiere und Pflanzen beschäftigen, ist verhältnißmäßig noch sehr gering, und gerade in diesem Theile der Naturforschung sind noch wichtige Entdeckungen zu erwarten. Die Verbreitung gewisser versteinerter Thier- und Pflanzenarten, welche einer Entwickelungsstufe der Erde eigen sind, über den ganzen Erdball ist noch sehr wenig der Gegenstand der Untersuchung gewesen, dennoch giebt schon das Wenige, was wir wissen, die Ueberzeugung, daß, so wie heute, einzelne Thier- und Pflanzenarten zu allen Zeiten über die ganze Erde verbreitet waren, während wieder andere mehr an gewisse Oertlichkeiten gebunden erscheinen. Diese Abweichungen, welche wir in den Floren und Faunen jeder Epoche wahrnehmen, geben uns Beweise, daß von jeher klimatische Unterschiede auf Erden bestanden, daß von jeher das Thier- und Pflanzenleben abhing von gewissen unter unsern Augen noch fortbestehenden Verschiedenheiten in der Mischung des Wassers, der Erde und den verschiedenen Einflüssen der Sonnenwärme, der Meerströmungen, der Form der Festländer.

Wenn uns heutigen Tags der große Unterschied zwischen den Muscheln des Rothen Meeres und des Mittelmeeres, welche doch nur durch einen schmalen Landstrich getrennt sind, auffällt, wenn wir bemerken, wie gering die Anzahl derjenigen Thiere ist, welche sowol die südliche als auch die nördliche Erdhälfte bewohnen, so werden wir auf eine neue Schwierigkeit aufmerksam, welche sich der Bestimmung weit entlegener Formationsglieder nach den in ihnen verborgenen organischen Resten entgegenstellt. Jedoch haben sich wie in unserer Zeit auch früher

stets einzelne organische Formen gleicher Art in jeder Zone des Erdballs vorgefunden, oder die Formen der zu einer Klasse gehörigen Thierarten stimmen während einer Periode im Allgemeinen in ihren Merkmalen überein, so daß sie als Zeitgenossen erkannt werden können.

Es ist mehrfach versucht worden, die wesentlichsten Unterschiede der verschiedenen Entwickelungsperioden der Erde nach den Thier- und Pflanzenformen zu charakterisiren; da jedoch die Untersuchungen in dieser Beziehung noch nicht geschlossen sind, so bleiben solche System-Aufstellungen noch sehr schwankend. Im Jahre 1841 noch konnte Agassiz, einer der fleißigsten Paläontologen unserer Zeit, die Meinung aussprechen, daß während des frühesten Zeitalters, während dessen sich die silurischen, devonischen, carbonischen und permischen Schichten bildeten, Fische, und nur Fische, die Klasse der Wirbelthiere auf Erden vertreten haben; heute kennen wir durch die so sorgfältigen Untersuchungen Hermann von Meyer's u. a. schon mehrere größere und kleinere Amphibien aus den ältesten, mittleren und jüngsten Abtheilungen dieses Schichtenverbandes. Der Name, das Reich der Fische, welchen Agassiz diesem Zeitalter beilegte, ist somit heute nicht mehr anzuerkennen. Ebenso nannte Agassiz die zweite Abtheilung, die Formationen Trias, Jura und Kreide: das Reich der Reptilien. Wir kennen aber daraus Vögel und Säugethiere und sind deshalb auch nicht in der Lage, die dritte Abtheilung, die Tertiärformation, als alleiniges Reich der Säugethiere anzuerkennen. Nur allein das ist bis jetzt feststehend geblieben: daß sich in den verschiedenen Gesteinen, welche zu verschiedenen Zeiten entstanden, eine große Verschiedenartigkeit der eingeschlossenen Thier- und Pflanzen-Formen wahrnehmen läßt; daß zu jeder Zeit sowol Strahlthiere, Weichthiere und Gliederthiere (Insekten), als auch Wirbelthiere vorhanden waren; daß sich alle diese Thierformen mit der Zeit veränderten; daß zeitweilig eine oder die andere Thiergattung vorherrschend entwickelt war, so daß sie besonders zahlreich in Arten und Varietäten auftrat; daß der Mensch aber erst in der jetzigen Epoche hinzugekommen ist.

Lange Zeit hindurch glaubte man annehmen zu müssen, die Thierformen früherer Zeiten seien größer gewesen als die heutigen; auch diese Voraussetzung ist nach genauerer Untersuchung des Thatbestandes gefallen. Allerdings waren während einiger Zeiträume manche Thiere größer, als wir sie früher und später finden, dagegen aber auch andere wieder kleiner, als in frühern und spätern Zeiten. Unsere heutige Schöpfung hat im Wal, im Krokodil, im Hai, in manchen Muscheln körperlich so groß und umfangreich entwickelte Thiere aufzuweisen wie nur irgend eine Zeitepoche. Allein das ist das Ergebniß der Vergleichung: daß von Anbeginn an eine gewisse Menge des Stoffes zur Ausbildung des Thierreiches verwendet wurde; daß dieser Stoff sich im Laufe der Zeiten in verschiedener Weise unter die einzelnen Thierarten vertheilte, so daß einmal diese, das andere Mal jene in größerer Anzahl der Spielarten, oder größerer Entwickelung der Formen sich darstellten. Sobald sich diese Beobachtung durch neue Forschungen bestätigt, so giebt sie eine Veranlassung zur Eintheilung der Entwickelungsstufen des Erdballs und zur wissenschaftlichen Bezeichnung der Gesteinsformationen und ihrer Glieder.

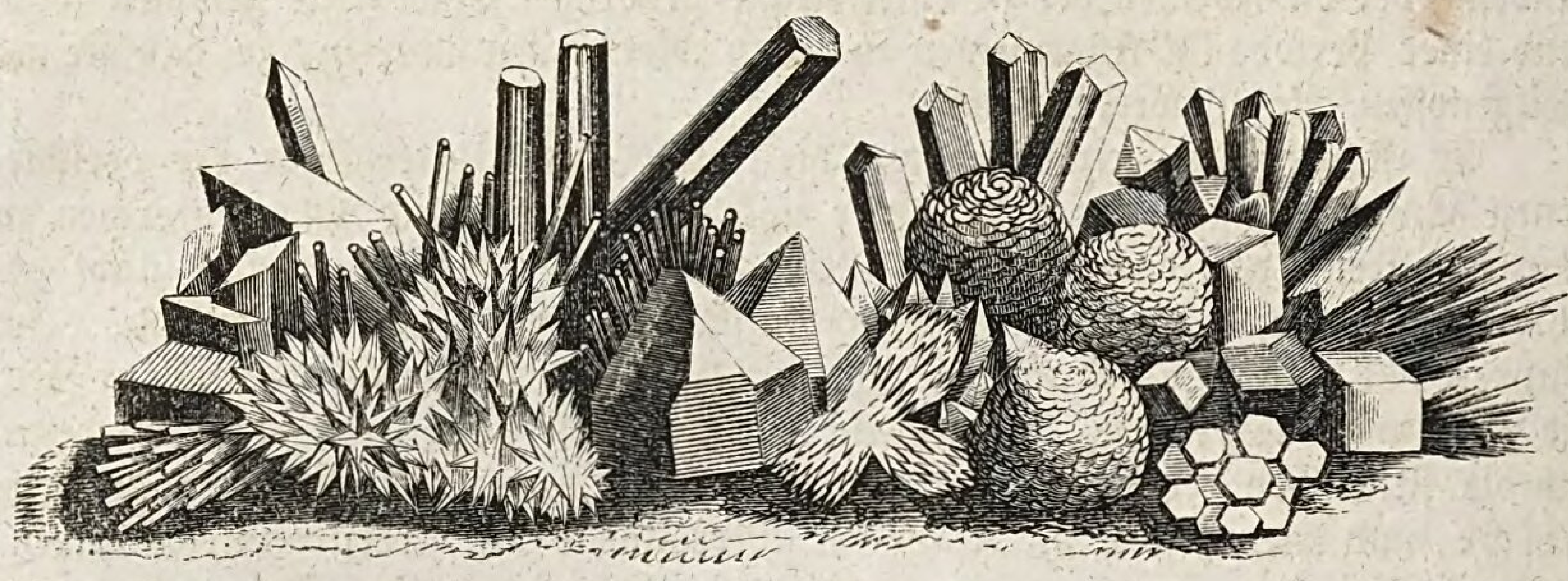


Fig. 123. Krystallgruppe.

2. Aufsuchung und Bestimmung der in den Gesteinen vorkommenden Mineralien und deren Pseudomorphosen.

Ebenso wichtig wie die Untersuchung der Versteinerungen, ist auch die der in den Gesteinen eingeschlossenen Mineralien, weil nur aus ihnen der in der festen Erdrinde thätige Stoffwechsel richtig erkannt werden kann.

Mineralien wurden schon seit Jahrhunderten gesammelt, um in Schränken aufbewahrt zu werden. Die Sammler, anfangs von dem Streben, die nutzbaren Erze genauer kennen zu lernen, beseelt, gingen allmälig auch zu den für das materielle Leben weniger wichtigen Erd- und Steinarten über; sie erwarben die Kenntniß der Unterscheidungsmerkmale; sie stellten die Mineralien in gewissen Ordnungen nebeneinander. Nachdem die Chemie sich der Mineralogie zuwandte, ward in diesem Theile der Naturkunde ein höherer Standpunkt erklommen. Nicht allein, daß die Chemie mit der größten Genauigkeit die Zusammensetzung der Mineralien aus den Elementen nach unveränderlichen Mengenverhältnissen bewies; sie erklärte auch, wie zwischen einzelnen Mineralien nach den unabänderlichen Gesetzen der Anziehungskräfte ein Stoffaustausch stattfinden könne und müsse, wie bei solchem Hergange die ehemalige Körperform eines Minerales erhalten bleibe und sich nur mit einer ihr fremden Stoffart erfüllen könne; mit einem Worte, sie erklärte das im Stoffwechsel beruhende Leben der Mineralien.

Aber diese Untersuchungen sind noch bei weitem nicht vollendet. Erst in neuester Zeit versuchten es Chemiker und Mineralogen, von denen Bischoff, Blum, Breithaupt, Bunsen, Daubrée, Haidinger, Rose, Scheerer, Volger besonders hervorzuheben sind, die Wunder des Mineralreiches zu beleuchten und die Entwicklung der Mineralien zu erklären. Dieser Theil der Geologie stützt sich auf Mineralogie und Chemie, zwei Zweige der Naturwissenschaft, in denen unabänderliche Maß- und Gewichts-Verhältnisse des Stoffes gelten. Die Mineralogie erforschte z. B. die äußeren Kennzeichen der Mineralien, sie ermittelte die Gesetze, welche die Formverhältnisse der Krystalle unabänderlich regeln (Krystallographie); die Chemie gab dazu die Erkenntniß des Stoffes, welcher diese Mineralien

zusammensetzt, jene regelmäßigen Körperformen erfüllt. Sobald die Chemiker Stoffe innerhalb Körperformen nachwiesen, welche denselben fremd sind, sobald sie vereinigt mit den die Winkel der Krystalle messenden Mineralogen und mit den durch den elektro=galvanischen Strom zerlegenden und aufbauenden Physikern die Erscheinungen der Mineralumwandlung (Metamorphose) genau erkannt hatten, konnte die ununterbrochene chemische Thätigkeit in der Rinde des Erdballs verstanden und das darin sich aussprechende Leben der Erde geahnt werden. Alle Erscheinungen des Vulkanimus, alle Hebungen und Senkungen der Erdoberfläche, die Bildung und Entstehung von Quellen, Erzlagern und Gesteinen können nur nach den Beobachtungen der Chemiker, Physiker und Mineralogen erklärt werden; sobald die Geologie hier den festen Boden der Erfahrung verläßt, gelangt sie in das Reich der Mythe.

Die Untersuchung der Gebirgsschichten in dieser Richtung hat aber auch noch ein weites unbebautes Feld. Kaum sind einige wenige Punkte der Erde bekannt, an denen umgewandelte Gesteine mit wohlerhaltenen organischen Formen aufgefunden wurden, an denen sohin nachgewiesen werden kann, wie allmälig und wie wenig gewaltsam der Stoffwechsel stattfand. Die Nachforschung nach solchen Punkten und Felsarten ist demnach noch sehr zu steigern. Aber auch den Chemikern und Physikern bleiben noch zahlreiche Fragen von höchster Bedeutung zu beantworten.

Zuweilen werden neben einander vorkommende Mineralien in eigenthümlicher Zusammenwachsung gefunden. Es finden sich unter andern kleine Schwefelkieskrystalle an großen Kalkspathkrystallen in einer eigenthümlichen Weise vertheilt. Wenn die Kalkspathe sechsseitige Säulen mit je drei in einer Spitze zusammenlaufenden rhombischen Endflächen sind, so finden sich oft, die Krystalle mögen stehen oder liegen, alle Säulenflächen mit einer glänzenden Schwefelkieslage überdeckt, während die rhombischen Flächen spiegelglatt und rein blieben; oder auf letzteren sind die Schwefelkieskryställchen in drei von der Spitze ausgehenden schmalen geraden Linien in der Richtung dreier Axen der Körperform geordnet, der Krystall ist sonst ganz frei von diesem Ueberzuge. In andern Fällen sind die Theile desselben Minerales so angeordnet, daß in einer kreisrunden Druse von Quarz alle nach außen gekehrten Krystallflächen glatt, dagegen alle nach innen, nach dem Centrum der Druse gewendeten, jenen glatten entsprechenden Flächen rauh und von kleinern Kryställchen bedeckt sind. Wieder in andern Fällen sind eine oder mehrere Mineralspezies in ein anderes Mineral so eingewachsen, daß die Axen der verschiedenen Krystalle gewisse Uebereinstimmung zeigen. Solche Erscheinungen sind der genauesten Untersuchung auch im Gesteine werth, denn sie bezeugen, daß die Mineralien namentlich dann, wenn sie als Krystalle gewissermaßen eine persönliche Geltung erlangt haben, auf einander eine bestimmte Anziehungskraft ausüben, und daß entweder das eine sich für seinen Wohnplatz einen gewissen Theil eines andern wählt, oder daß dieses letztere ein anderes Mineral zwingt, sich nur an gewissen Flächen und Axenlinien seines Körpers anzulehnen und zu befestigen. Ist hier nicht das, was wir Wollen und Wählen nennen, schon im Mineralreiche angedeutet?

Bei dem Studium der in den Gesteinen auf Gängen, Drusen und sonst eingewachsenen Mineralien müssen nun noch besonders deren Beziehungen zu einander beachtet werden. Wie, in welcher Reihenfolge über einander und in welcher Anordnung neben einander kommen sie vor? Welche Pseudomorphosen (Umwandlungen) des einen Minerales nach Formen einer andern werden beobachtet; wie folgt also in stofflicher Beziehung eine Mineralspezies in der Zeit auf die andere, oder welche sind gleichzeitig? Diese Fragen, gründlich beantwortet, geben die Geschichte der mit der Zeit in einem Gesteine vorgegangenen Veränderungen, welche sich entweder nur auf den Wechsel in der Vertheilung, Ablagerung und Verbindung der kleinsten Theilchen der Felsart beziehen, oder einen mehr oder weniger vollkommenen Stoffwechsel beurkunden. In einem Magma, einer erdigen, thonigen oder schlammigen Schicht, in welchem Thonerde, Kieselerde, Eisenoxydul, Kalkerde, Kali, Natron, Magnesia u. s. w. fein zertheilt und formlos neben einander liegen, können die Atome sich zu Krystallen von Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende, Granat u. dgl. m. vereinigen und ein krystallinisches Gestein bilden.

Im Obsidianglase kann, ohne daß es erweicht oder schmilzt, sondern während es im starren Zustande von Wasserdampf durchzogen wird, eine solche Molecularveränderung, d. h. eine völlig andere Lagerung der kleinsten Stoffbestandtheile, vorgehen, daß es nachher als krystallinischer Trachyt erscheint. In diesen Fällen wechselt der Stoff, durch Wasser und elektrische Anziehung bewegt, seinen Ort innerhalb der Grenzen einer gewissen Gesteinslage.

Gehen Stoffe, von dem die Erde überall durchtränkenden Wasser fortgeführt, über die Grenzen dieser Gesteinsart hinaus in die einer andern, andere Mineralien enthaltende über, so gewinnt die Erscheinung an Manchfaltigkeit. Es werden ganze Gebirgsstücke durch neue Mineralstoffe erfüllt, während ihr ursprünglicher Inhalt sich zu neuen Verbindungen ordnet, ja theilweise entführt und durch andere Stoffe ersetzt wird, so daß nur noch die Formen der in ihm eingeschlossen gewesenen Thiere und Pflanzen zurückbleiben. Dabei sinken diese Gebirgsstücke sehr oft auf eine geringere Stärke zusammen. Als Beispiele mögen dienen die in Kieselerde, in Roth- und Brauneisenstein, in Galmei umgewandelten Kalksteinlager, die zu Steinkohle verwandelten Torflager u. s. w. Oder es siedeln sich in einem Gebirgsstücke durch Stoffzuführung neue Mineralarten an, wobei gleichzeitig dessen eigene Atome ihren Ort wechseln. Dieser Stoffwechsel, verbunden mit der krystallinischen Ordnung der Massen, hat bisweilen ein Aufquellen der umgewandelten Gesteine zur Folge, so daß Senkungen und Hebungen großer Erdstriche als seine Wirkungen erscheinen können. Beispiele innerhalb der Gesteine durch Metamorphose entstandener Mineralien sind krystallinische Kalke und Marmor, Wollastonit, Granat, Idokras, Epidot, Feldspath, Quarz, Glimmer, Hornblende, Augit u. s. w., durch deren Anhäufung endlich Granit, Syenit u. s. w. entstehen. Ferner Thon mit Kalk und Schwefelkies, worin durch die Verbindung des letztern mit dem atmosphärischen Sauerstoffe ein das Aufquellen der Masse bedingender, Gyps und Brauneisenstein hervorrufender Stoffwechsel vorging.

Haben wir durch eine genügende Anzahl von Beobachtungen die Aufeinanderfolge der aus der Umwandlung hervorgehenden Mineralien einmal genau erkannt; wissen wir, daß Eisenoxyd und Sphärosiderit auf Kalkspath folgt, Epidot auf Granat, Schwefelkies auf Gyps und Schwerspath u. s. w. u. s. w.; alsdann sind wir im Stande anzugeben: in welcher Weise der Stoffwechsel in den Gesteinen verlief; wir können sagen: dieses Gestein oder diese Schicht nahm zu und wuchs bis zu einer gewissen Zeitepoche, alsdann starb sie ab, verweste und ward in ihre einzelnen Atome aufgelöst. Wie wichtig solche Feststellungen für die Geogenie sind, bedarf kaum der Erwähnung; sie haben aber auch einen sehr erheblichen praktischen Werth. Sie geben allmälig eine klare Einsicht über die Vertheilung der nutzbaren Mineralien und Metalle auf Erden. Wenn wir wissen, daß in einem Gesteine fein vertheilte Metallbestandtheile vorkommen (z. B. im Grünschiefer, Kupferkies, oder Eisenoxyd), daß diese Bestandtheile aber ihrer geringen Menge wegen nicht mit Nutzen gewonnen werden können; wenn wir ferner wissen, daß solche Bestandtheile sich an solchen Punkten, an denen die Gesteinsmasse durch Hebungen mehr zertrümmert ward, auf stärkeren Lagern und Gängen ansammelte: so werden wir solche Hebungspunkte, deren Lage nach der Stellung und dem Verlaufe der Schichten beurtheilt werden kann, aufsuchen. Alsdann wird die Aufschürfung nutzbarer Mineralien nicht mehr so vom Zufalle abhängen als jetzt, das auf den Bergbau verwendete Kapital wird besser benutzt werden. Aber noch weit wichtiger erscheint für uns alle die höhere Erkenntniß der Natur, welche sich durch derartige Forschungen ergiebt.

3. Untersuchung der Lagerungsverhältnisse der Gesteine.

Die Gesteinschichten, deren Einschlüsse an Pflanzen, Thieren und neugebildeten Mineralien solcher Weise erforscht sind, stehen in räumlicher Ausdehnung in Beziehungen zu einander, indem sie entweder an einander stoßen, sich ersetzen, oder über einander greifen. Die Ausbreitung einer Gebirgs-Formation auf der Oberfläche, ihre Ausdehnung unter jüngere, über sie hin gelagerte Schichten kennen zu lernen, ist für Alle, welche sich mit dem Bau und der Geschichte des Erdballs beschäftigen, von der größten Wichtigkeit.

Wenn wir eine Formation über eine weitausgedehnte Landstrecke verfolgen können, so werden wir alsbald bemerken, daß sie von oben nach unten in gewisse nach Stoff und Aussehn und nach Art der eingeschlossenen Versteinerungen verschiedene Abtheilungen getrennt werden kann. Aber die Stoffverschiedenheit findet bei ein und derselben mit gleichen Versteinerungen ausgestatteten Schicht einer Formation auch nach der Längen- und Breitenerstreckung hin statt. So gehen Kalksteine in Schieferthon, in Sandstein, in Diabas allmälig über; Kalksteine verlaufen in Eisenstein, in Gyps und werden in der Weitererstreckung wieder Kalk. Diese Stoffverschiedenheit ging ganz natürlich hervor aus dem Umstande, daß bei der Bildung der Schicht an der einen Stelle des Bassins, in welchem sie sich ablagerte, Thon, an der andern Sand zugeführt und eingespült ward, während wieder an einer andern Korallenthiere oder auch Algen den Stoff zu Kalkfelsen aus dem Wasser niederschlugen; daß ein

Stück der Schicht stärker umgewandelt, krystallinische Struktur annahm, oder durch Eisenoxyd oder Schwefelsäure verändert ward, während der übrige Theil unverändert blieb. Wenn diese Stoffverschiedenheit ein und derselben Schicht sich schon in beschränkterer Gegend ausspricht, so kann es nicht in Verwunderung setzen, wenn ganze Formationen, in ihrer Gliederung sowol, als in stofflicher Beziehung in entfernteren Ländern oder Erdtheilen sehr von einander abweichen. So kann das Glied einer Gebirgs-Formation, welches in Schwaben Kalk ist, in Westfalen Thon, in England Sandstein sein. Diese drei Gesteine sind zwar, wie die darin aufgefundenen leitenden Versteinerungen bezeugen, gleichzeitig, sie sind aber unter verschiedenen Verhältnissen gebildet worden.

Nicht selten besitzen aber solche in ihrer stofflichen Zusammensetzung von einander abweichende Schichten gleichzeitiger Entstehung auch ganz oder großen Theils verschiedene organische Einschlüsse. An einer Stelle bemerken wir darin nur Thiere des hohen Meeres, an einer andern Korallenbauwerke, an einer dritten Atollthiere, an einer vierten am Strande lebende, im Schlamm oder im Sande sich vergrabende Wesen, oder Meerwasserpflanzen, oder zusammengespülte Bruchstücke; weiter hin Brackwasser- oder Haffbewohner, endlich Süßwasserthiere, Land- und Sumpfpflanzen, Landthiere. Alsdann ist es oft sehr schwer, aus der versteinerten Fauna und Flora allein die Zusammengehörigkeit der Bildungen nachzuweisen, es müssen zur Begründung des Urtheils die zunächst über und unterliegenden Schichten und Formationen geprüft und untersucht werden. Gelingt es, die Uebergänge jener verschiedenen unter abweichenden Bedingungen gebildeten Gesteine aufzufinden und die Uebereinstimmung der Sahl- und Dachgesteine für die meisten Glieder nachzuweisen, so unterliegt es keinem Zweifel, daß gleichzeitig gebildete Hochsee-, Korallen-, Atoll-, Lagunen-, Haff-, Strand-, Dünen-, Fluß-, Sumpf- und Landgebilde vorliegen. Es wird dadurch die Zusammengehörigkeit einer ganzen Fauna und Flora und der verschiedensten Gesteinsformen erkannt. Will es das Glück, daß auf dieser Fläche auch noch gleichzeitig ausgeworfene vulkanische Aschen (Tuffe) und Laven aufgefunden werden, so haben wir ein ganzes Stück Erdgeschichte vor uns entrollt. Solche Untersuchungen sind aber zeitraubend und schwierig, weil sie ein Eingehen in alle Einzelnheiten der Verhältnisse erfordern, sie sind in der Regel nur durch das Zusammenwirken Vieler zu vollenden; allein sie belohnen durch die aufgefundene Wahrheit. Alle die gesammelten Thatsachen müssen auch auf guten Landkarten zusammengetragen werden; es entstehen daraus genaue geologische Karten, bei deren Betrachtung ein klares Bild über die Bildungszustände und über den Bau einer Formation erlangt wird. Wir erkennen, daß ein Theil der Gegend ehemals unter tiefes Meer versenkt war, wir finden dessen vielgestalteten Strand, Korallenbänke mit ihren Atolls, Untiefen, Sandbänke, Dünen, dahinter liegende Haffe und Lagunen, Sümpfe mit ihren Kohlen- oder Torfmooren, Flußdeltas, die Grenzen des Festlandes, die Stätten der vulkanischen Ausbrüche.

Wir sind im Stande, uns eine Vorstellung von der Beschaffenheit der damaligen topographischen Zustände zu entfalten, und haben einen Beitrag zur Erdentwicklungsgeschichte geliefert, welcher denselben Werth hat, wie die

Entwicklung eines Kriegslagers, einer Grabstätte, einer Stadtruine für den Geschichts- und Alterthumsforscher.

Es ist schon früher gesagt worden, daß die Formationen nicht wie Zwiebelschalen gleichmäßig die Erdkugel umgeben, sondern daß sie gewissermaßen in Schollen über einander greifend vorliegen. An einer Stelle fehlen einzelne oder viele Glieder der Formationen, oder ganze Reihen von Formationen selbst; es



Fig. 124. Schichtenbau der blauen Berge in Neuholland (Bougainville-Fall).

liegen weit jüngere Gebilde unregelmäßig über die ältesten hinaus. Diese Thatsachen konnten nur aus genauer Untersuchung der Versteinerungen erkannt werden; sie waren nur zu ermitteln, nachdem die Reihenfolge der Formationen und ihrer Glieder an einigen Theilen der Erde bestimmt festgestellt war. Solche Lagerungsverhältnisse sind auf guten Landkarten in wagrechter und auf guten Gebirgsprofilen in senkrechter Ausdehnung darzustellen, damit sie begriffen und übersichtlich gemacht werden. Dazu bedarf der Geologe genauer Höhenmessungen, mit deren Hülfe er Schlüsse ziehen kann auf die Ausdehnung weit erstreckter alter Festländer, auf die Zeitepoche ihrer Erhebung über das Meer, auf die Senkung und Wiedereintauchung dieser Festländer, oder einzelner ihrer Theile unter Meer.

Wenn wir auf einem ausgedehnten Gebiete der Grauwacke oder der Steinkohlen-

formation die ganze Reihe des Zechsteines, der Trias, des Jura fehlen und erst wieder die Meeresbildungen der Kreide darüber gelagert sehen, so müssen wir schließen: daß jene Strecken nach der Bildung der Grauwacke oder Steinkohle Festland wurden, indem sie sich über Meer erhoben, daß sie Jahrtausende von Jahrtausenden hindurch Festland blieben, bis sie endlich kurz vor der Bildung der Kreideschichten wieder unter den Meereshorizont herabsanken und aufs Neue überflutet wurden. Sie wurden dann später abermals gehoben und in den Zustand versetzt, in welchem sie uns jetzt erscheinen.

Die genaue Untersuchung der Lagerungsverhältnisse der Gesteine hat sich erst über kleine Strecken der Erde verbreitet; selbst Deutschland ist nur erst in kleinern Parzellen etwas sorgfältiger untersucht und geologisch aufgenommen. Solche Arbeiten sind schwierig, weil das Gestein an so vielen Punkten durch Schutt, Pflanzenwuchs und Wohnstätten bedeckt ist. Wo aber eine nach der Wahrheit begehrende Bevölkerung wohnt, da wird jede Beobachtung, die beim Grundlegen der Häuser, beim Brunnen- und Kellergraben, bei Eisenbahn- und Chausseeanlagen u. s. w. in dem anstehenden Gesteine gemacht werden kann, aufbewahrt und den Geologen des Landes mitgetheilt. Wäre doch überall im Vaterlande der Sinn für solche Forschung rege, würde doch alles, was über Bau und Verbreitung der Schichten erfahren werden kann, in dazu bereiten Notizblättchen und Zeitschriften bekannt gemacht; alsdann würden wir im Laufe der Zeit die zuverlässigsten geologischen Karten und geläuterte geologische Kenntnisse bekommen. Aber die gesammte Erdoberfläche muß in diesem Sinne untersucht, der Born der Erfahrung muß ganz erschöpft worden sein, ehe die Wissenschaft vollendet dargestellt werden kann.

Was in der Wissenschaft als bestimmt und wahr erkannt ist, d. h. was durch direkte Beobachtung erforscht ward, muß scharf getrennt werden von allem Hinzugedachten. Allerdings müssen wir, so lange nicht alle Theile der Erde gleichmäßig untersucht sind, gewisse Voraussetzungen hinzufügen; aber sobald Jedermann diese Voraussetzungen als solche kennt, sich von deren Haltbarkeit oder Verwerflichkeit überzeugen kann, so schaden sie der Wissenschaft nicht.

Wir wollen deshalb in unsern ferneren Betrachtungen möglichst die Beobachtungen von den auf sie gestützten Voraussetzungen (Hypothesen) trennen, und haben deshalb diesen zweiten Band der Geologie in zwei Hauptabtheilungen gebracht.

In der ersten werden die Lagerungsverhältnisse, die Zusammensetzung, der Bau, die hauptsächlichsten Thier- und Pflanzenreste, die nutzbaren Mineralienlager in den verschiedenen Gesteinsformationen beschrieben in der zweiten geben wir die auf diese Beobachtungen gestützten Folgerungen, Vernunftschlüsse und Vermuthungen über die Entstehung und Entwicklung der Erde.



Fig. 125. Wärme und Wasser bilden die Erdschichten, zerstören und bauen neu.

Vierter Abschnitt.

Beschreibung der die Erdrinde zusammensetzenden Gesteinsformationen.

Die Gesteinsformationen, welche die feste Erdrinde darstellen, konnten nach den in ihnen eingeschlossenen Thierresten in verschiedene Gruppen geordnet werden. Diejenigen Gesteine, in welchen mit unseren jetzigen in den äußern Formen mehr übereinstimmende Thiere versteinert gefunden werden, erhielten die Bezeichnung känozoische (neuthierische), die darauf folgenden, in denen schon eine abweichendere Fauna verborgen liegt, mesozoische (Mittelalter der Thiere), diejenigen, deren Fauna keine mit der jetzigen übereinstimmende Formen aufweist, paläozoische (vergangen thierische oder altthierische), die endlich, in denen man keine Thierformen fand, azoische (thierlose).

Diese Bezeichnungen werden in neuerer Zeit so vielfach gebraucht, daß die

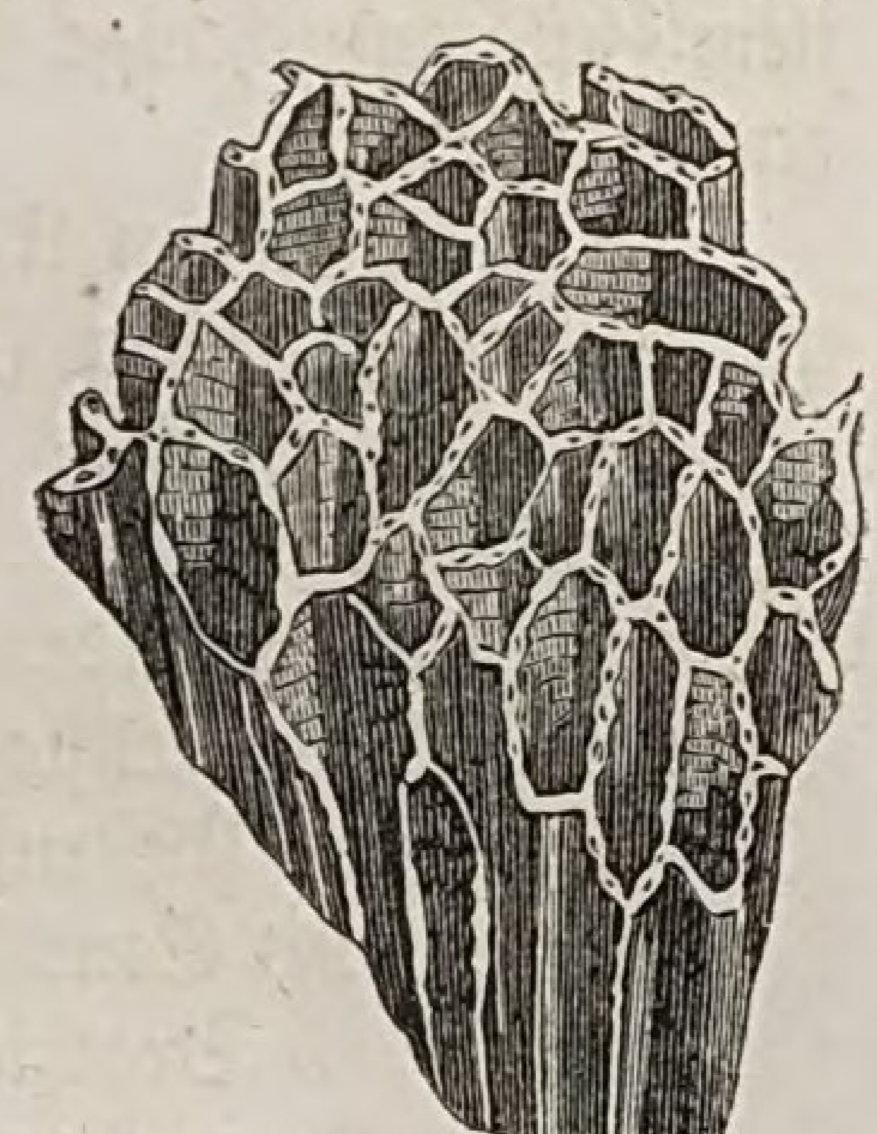
Kenntniß ihrer Bedeutung für alle diejenigen, welche sich mit Geologie befassen, erforderlich wird; sie können aber streng genommen, nicht sämmtlich zur Altersbestimmung der Formationen dienen.

Azoisch, thierlos, sind sämmtliche, auch die neuesten Laven; thierlos sind viele Hochseegebilde, thierlos ist der Wüstenstand; man kann deshalb mit diesem Worte keine Formation ihrem Alter nach bezeichnen wollen. Da aber ein älteres Gestein die Grundlage der versteinerungführenden Sedimente bildet, so muß diesem ältesten Azoischen ein Name beigelegt werden; wir wollen es nach dem Vorgange Werner's das Urgebirge nennen. Zwischen den Pflanzen- und Thiergeschlechtern der verschiedenen Zeitabschnitte findet keine so scharfe Abgrenzung statt, als dies eine Zeitlang angenommen wurde, vielmehr werden Uebergänge aus einer Periode in die andere mehr und mehr bemerklich, je mehr die Studien in dieser Richtung sich erweitern. Versteinerte Thiere und Pflanzen einer und derselben Art kommen in mehreren Formationen vor, so daß eine vollständige Abgeschlossenheit der Thier- und Pflanzenreihen von einer Formation zur andern durchaus nicht stattfindet. Allerdings läßt sich jede Formation durch die große Mehrzahl ihrer Versteinerungen von der vorhergehenden oder folgenden mit Sicherheit unterscheiden; es reichen aber stets einzelne Formen nach unten und nach oben in andere Gebirgsformationen herein. Deshalb hat die neuere Wissenschaft auch den Glauben an die jede Gesteinsformation abschließenden allgemeinen Vernichtungen der frühern Schöpfungen fallen lassen; sie setzt nicht mehr voraus, daß mit jeder neuen Formation auch eine Neuschöpfung verbunden gewesen sei. Vielmehr glaubt sie annehmen zu müssen, daß die Elementarstoffe bei ihrer Vereinigung zu Thier- und Pflanzenformen alle Zeit den jedesmal vorherrschenden Wirkungen, welche aus dem Entwicklungszustande des Erdganzen hervorgingen, folgten, und zwar der Art, daß diejenige Stoffmenge, welche überhaupt zu Thier- oder Pflanzenleibern verwendbar ist, sich einmal in dieser, das andere Mal in jener Provinz des organischen Reiches anhäufte, so daß zu der einen Zeit gewisse Thier- und Pflanzenklassen an Zahl der Arten und Individuen vorherrschten, zu einer andern wieder andere. Wer kann nachweisen, ob ein Schmetterling weniger vollkommen ist als ein Vogel? Ein jedes Thier, eine jede Pflanze ist in sich abgeschlossen und ein Vollendetes, Vollkommenes. Mit derselben Bewunderung erfüllt uns der kunstreiche zierliche Gliederbau der Spinne, des Schmetterlings, des Vogels u. s. w.; wir unterscheiden in ihnen nur eine geringere oder größere Anzahl von Werkzeugen ihres Leibes und Lebens, können aber die Mehrzahl dieser gleich vollkommenen, dem Lebensbedürfniß angepaßten Körpertheile nicht als einen Maßstab zur Beurtheilung einer größern Vollendung benutzen. Deshalb ist auch die Vorstellung, als ob sich mit der Zeit die die Erde bevölkernden Thiere und Pflanzen allmälig vervollkommnet hätten, nicht ganz stichhaltig. Vielmehr weisen unsre seitherigen Beobachtungen nur darauf hin, daß im Verlaufe der Erdentwicklung die Thier- und Pflanzenarten sich mehrten, und daß deren Bau zusammengesetzter und manchfaltiger wurde, bis zuletzt der Mensch als ein neues, vorher nicht gekanntes Wesen sich an die Reihe anschloß.

Wenn zur Beurtheilung des Alters der Gebirgsformationen vorzugsweise die Versteinerungen von Meeresbewohnern benutzt werden, so mußte die Untersuchung der Vertheilung der Weichthiere in unsern heutigen Meeren von großer Wichtigkeit sein. Solche Nachforschungen wurden dann auch wiederholt unternommen, und wir geben in der Kürze deren hauptsächlichstes Ergebniß.

Auf dem Festlande ist bekanntlich nach oben, nach den höchsten Spitzen der Gebirge hinauf, eine Grenze gezogen, nach welcher hin sich Thier- und Pflanzenleben allmälig vermindert, und über welche hinaus es gänzlich aufhört. So verhält es sich, nur umgekehrt, in den Meeren. In ihnen ist das Leben am reichsten zunächst an der Oberfläche, an den Küsten, im sogenannten Litoralgebiete; es vermindert sich nach der Tiefe und verschwindet endlich ganz.

Stellen wir uns eine Meereslandschaft der Nordsee vor, bestehend aus einem allmälig aus der unergründlichen Tiefe ansteigenden Boden, gewissermaßen einem untermeerischen Gebirge, dessen äußerste Gipfel als Festland in die Luft heraufragen, so sehen wir auf demselben das Thier- und Pflanzenleben in folgender Weise entwickelt.


Fig. 126. Eine Kettenkoralle.

In der obern Zone, bis zu 12 Fuß Tiefe, ist das Meer am wärmsten, am reichsten mit Luft gemengt. Hier wimmelt es von Thieren aller Art; es ist dies die *Litoralzone*.

In der zweiten Zone bis 60 Fuß Tiefe herrschen die Pflanzen, namentlich die Tange, zwischen deren breiten Blättern nackte Weichthiere umher schwimmen. Dies ist die eigentliche *Pflanzenzone* des Meeres.

In der dritten Zone bis 80 Fuß Tiefe liegen im Schlamm eingegraben zweischalige Muscheln, diese Thiere, welche ihren Wohnort nicht wechseln.

Die vierte Zone bis 240 Fuß Tiefe ist die der Austernbänke, der Korallinen und Zoophyten, zwischen denen Krusten und Mollusken sich umher bewegen.

Die fünfte Zone wird allmälig ärmer an Thieren, bei 800 Fuß Tiefe erstirbt unter dem hohen Drucke und der großen Kälte, bei schwachem Lichte und der herrschenden Armuth an Lebensluft das Leben immer mehr, bis endlich alle organischen Gebilde verschwinden.

Die sechste Zone ist die leblose der Tiefe; in ihr finden sich nur selten noch Leichen von Thieren und Pflanzen, welche aus den obern Zonen herabgefallen sind.

Aehnlich nehmen sich untermeerische Landschaften anderer Weltgegenden aus. Während die Litoralzone des Aegäischen Meeres von 150 Weichthierarten bevölkert wird, kommen in der fünften Zone nur noch acht Arten vor. Die eigentliche Riffe aufbauenden Korallen, von denen vorstehende Abbildung eine Art, die Kettenkorallen, uns vorführt, entwickeln sich nicht mehr in Meerestiefen über 120 — höchstens 200 Fuß, während andere einzeln ansitzende Korallen selbst bis 1600 Fuß Tiefe beobachtet worden sind. Es wurde gleichzeitig bemerkt, daß die, die tiefern Zonen *wärmerer* Meere bewohnenden Thiere mit denen der höheren Zonen

kälterer Meere übereinstimmen, so daß also auch hierin eine Aehnlichkeit mit den Gebirgen des Landes besteht, an deren Höhepunkten bekanntlich die Pflanzen und Thiere kälterer Erdstriche fortkommen, wenn ihr Fuß die der tropischen Zone ernährt.

Aber auch die Bodenzusammensetzung dieser untermeerischen Landschaften bewirkt eine Verschiedenheit in der Fauna und Flora, indem im Thonschlamme andere Thiere leben als im Sande oder im Kalkschlamme, andere als am Felsgestade. Dazu gesellt sich noch die Einwirkung der Meeresströmungen, welche in einzelnen Partien anders gemischtes Wasser zuführen und dadurch andere Thiere und Pflanzen bedingen, welche die Weiterverbreitung der Thiere durch Fortspülung veranlassen. Es können deshalb an verschiedenen Stellen eines und desselben Meeres sehr abweichende Faunen und Floren gleichzeitig bestehen, und in Wahrheit unterscheiden sich die Weichthiere unserer Oceane trotz des allgemeinen Zusammenhanges wesentlich von einander.

So haben der Indische und der Große Ocean, welche doch in ununterbrochenem Zusammenhange stehen, von 306 Korallenarten nur 27 gemeinschaftlich, d. h. etwa 9 Procent.

Die Küste von Unteritalien (Mittelmeer) hat gemeinschaftlich

mit den Kanarischen Inseln	68	Proc.	Zweischaler und	46	Proc.	Gasteropoden,
„ der Senegalküste	17	„	„ „	14	„	„
„ Grönlands Küste	6	„	„ „	0	„	„
„ dem Rothen Meere	23	„	„ „	18	„	„
„ Neuhollands Küste	10	„	„ „	0	„	„

Englands Küstenstriche haben mit den Küsten von Sicilien gemeinschaftlich unter 198 Conchiferenarten Englands und 188 Siciliens nur 84 Arten,

„	5	Brachiopoden	„	„	10	„	„	2 „
„	20	nackten Gasteropoden	„	„	54	„	„	7 „
„	191	beschalten	„	„	313	„	„	56 „
„	7	Cephalopoden	„	„	15	„	„	5 „

An der felsigen Ostküste Südamerika's lassen sich 156 Molluskenarten finden, an der sandigen Westküste dieses Erdtheiles 206 Arten. Von diesen 362 Arten stimmt nur eine einzige überein!

Die Küste von Massachusetts (Nordamerika) hat unter 179 Meerschnecken nur 70 Arten, welche mit europäischen gleich sind.

Diese Aufzählung genügt schon, um zu zeigen, wie sehr abweichend selbst die Bewohner des die Erde umgürtenden Oceans während einer Zeitperiode beschaffen sein können; es bedarf kaum der Hinweisung auf die zwischen den Land- und Süßwasserbewohnern der verschiedenen Erdtheile bestehenden Abweichungen, oder auf die so große, von Klima und Standort bedingte Manchfaltigkeit der Pflanzenarten.

Solche ungleiche Vertheilung der Thier- und Pflanzenarten, welche den frühern und frühesten Zeiträumen der Erdentwicklung zugehören, besteht denn auch in Wahrheit. Von Anfang an wurden die organischen Reiche nach gleich unveränderten Bedingungen über die Erdoberfläche vertheilt, die klimatischen Unter-

schiede, die Art der Küstenstriche, die Form der Festländer und Meere übten ihren unverkennbaren Einfluß zu jeder Zeit auf die Bewohner des Oceans aus.

Die in den Meeren lebenden Thiere sind, wie aus den vorher mitgetheilten Beobachtungen hervorgeht, an gewisse Wassertiefen gebunden. Eine jede tiefer lebende Thierart muß also absterben, sobald ihre Reste, vermischt mit zugeführtem Schlamme, den Meeresboden erhöhen, weil sie in eine ihrer Natur nicht zusagende Meereszone kömmt. Es folgt alsdann ein Schlammabsatz, bis sich neue Thierarten der höhern Zone ansetzen. Wenn ein tieferes Stück des Meeresgrundes plötzlich durch Erdbeben in die Höhe gehoben wird, so sterben die dasselbe bevölkernden Thiere alsbald ab, es folgen auf sie die einer höheren Zone. Wird andererseits das Meer durch allmälige oder rasche Bodensenkungen vertieft, so folgen sich die Faunen in umgekehrter Ordnung, und endlich lagern sich die unbelebten Schlammabsätze der Tiefe über sie hin. In allen Gesteinsformationen wiederholen sich solche wechselnde Anordnungen der Versteinerungen; wir sind berechtigt, daraus auf Hebungen oder Senkungen, oder auf ununterbrochene Gesteinsentwicklung durch allmälige Ausfüllung der Meerestheile zu schließen.

An unsern Meeresküsten bemerken wir, daß an der einen Stelle ein reichlicher, an der andern ein spärlicher Schlamm-, Sand-, Kalk-, Geröllniederschlag und Absatz erfolgt, daß sich diese Materialien gleichzeitig an verschiedenen Orten anhäufen. Ganz dasselbe muß auch früher stattgefunden haben, weshalb die Gesteine einer und derselben Gebirgsformation hier Kalk, dort Sand, hier Thon, dort Mergel sein, hier in der Reihenfolge: Sand, Thon, Kalk, dort in der umgekehrten aufeinander liegen können. In einer Gegend ist der Kalkstein einer Formation überwiegend, in einer andern fehlt er gänzlich oder ist nur sehr untergeordnet und schwach entwickelt; an einer Stelle liegen sämmtliche Glieder einer Formation regelmäßig über einander geschichtet, an der andern beginnt dieselbe mit einem der mittlern oder jüngern Glieder, oder endet schon mit einem der ältern oder mittlern, je nachdem die Bedingungen zu ihrer Bildung an einem Orte früher oder später erwachten oder erloschen. Da die Meere von Anbeginn an einen großen Theil der Erde bedecken, da sie ununterbrochen zusammenhängend bestanden haben, so sind Punkte auf Erden möglich, welche bis heute noch nicht außer Meeresbedeckung waren. Da nur an den Küsten der allmälig aus den Meeren sich hebenden oder der wieder unter ihren Spiegel versinkenden Festländer das Thier- und Pflanzenleben sich im vollsten Maße entwickeln konnte, die Versteinerung führenden Ablagerungen sohin mehr Küstengebilden entsprechen, und da die an tiefsten Meerespunkten entstandenen Niederschläge, weil die Tiefe kein Leben zuläßt, versteinerungslos sein müssen, so ist eine Vergleichung beider Ablagerungen unthunlich. Eine versteinerungsleere Schicht kann mehreren Erdentwicklungsperioden zugehören, sie kann in ununterbrochener Bildung von den ersten Zeiten an bis in unsere Tage begriffen sein; für sie, für ihre Etagen fehlt uns der das Alter bestimmende Maßstab.

Die Geschichte der Völker berechnet sich nach den Thaten derselben, nach ihren geistigen und sittlichen Entwicklungszuständen; nur diese geben Anhaltepunkte für

die Chronologie. Eine Vergesellschaftung von Menschen, welche beharrt auf dem einmal erreichten Standpunkte, mag er nun von niedrigster oder höherer Geistesentwicklung zeugen, hat keine Geschichte mehr. So beurtheilen wir das Alter der Gesteinsformationen nach den in ihnen vorhandenen organischen Resten; sie sind der Ausdruck der jedesmaligen Zustände des Erdballs; aus ihnen lesen wir die Geschichte der Erdoberfläche. Es wird deshalb nicht ohne Nutzen sein, wenn wir uns hier einige Augenblicke mit dem Wesen der die verschiedenen Epochen kennzeichnenden Versteinerungen beschäftigen.

Die beigeheftete Tabelle giebt einen allgemeinen Ueberblick über die auf der Erde entstandenen und ausgestorbenen oder bis auf unsere Zeiten sich erhalten habenden Pflanzen- und Thierklassen. Sie versinnlicht, wie einzelne Thierklassen mit wenigen Arten begannen, mit der Zeit sich vermehrten, ausdehnten, zu einer großen Bedeutung anwuchsen, wieder abnahmen und ausstarben; wie die einen nur auf eine kurze Zeit aushielten, während andere von Anfang bis auf unsere Tage fortbestanden. Allerdings unterscheiden sich die Arten der Jetztzeit wesentlich von denen der früheren Perioden. Ein Blick auf die Tabelle belehrt uns, daß die vier Hauptthierklassen, Strahlthiere, Mollusken, Gliederthiere und Wirbelthiere schon von Anfang an bestanden, daß sich aber meistens ihre Artenanzahl in neueren Perioden vermehrt hat, und daß nur in einzelnen Fällen ein Verschwinden der Geschlechter nach der Neuzeit hin stattfindet. Zugleich rechtfertigt diese Zusammenstellung die durchgeführte Eintheilung der Formationen in drei Altersklassen. In der ersten, der paläozoischen Zeit, lebende Thiergeschlechter starben schon zum Theil während derselben oder im Anfang der folgenden wieder aus; die in die folgenden Zeitabschnitte übergehenden beginnen in ihr mit kleinen Anfängen, schwellen in der mesozoischen stärker an und reichen zum Theil noch in die känozoische herüber. Die mesozoische Periode hat aber ebenfalls besondere, nur ihr zugehörige Thierformen, namentlich aus der Klasse der Strahlthiere, der Cephalopoden, der Amphibien, welche während derselben beginnen und aussterben; sie besitzt jedoch schon viele in die folgende Periode übergehende Thierarten.

In der känozoischen Periode stellen sich manche derjenigen Thierarten ein, welche jetzt noch leben; es schrumpfen einige aus der ältern Zeit herübergekommene Klassen auf ein Minimum zusammen; im Allgemeinen stimmt aber diese Zeitperiode auch in Anbetracht der häufiger vorkommenden Vögel und Säugethiere mehr als alle vorhergehenden mit der Jetztzeit überein. In der letzten tritt nur zu den schon vorhandenen Geschöpfen der Mensch, mit welchem eine neue Epoche der Erdentwicklung beginnt. Denn der Mensch greift tief ein in den Gang der Naturgewalten; er lenkt und benutzt sie zu seinen Zwecken.

Zusammenstellung der Pflanzen- und Thierfamilien nach den geologischen Formationen.

◀ beginnende Entwickelung
▶ beendigte „
● geringste „
■ höchste „

Abtheilung	Gruppe	Familie	Silur	Devon	Carbon	Permisch	Trias	Jura	Kreide	Tertiär	Quartär	Jetzt
			Paläozoisch				Mesozoisch			Känozoisch		
Pflanzen.												
Zellenpflanzen.		Diatomeen	◀	●	●	●	●	●	■	■	■	■
		Pilze	◀	●	●	●	●	●	●	■	■	■
		Algen	◀	●	●	●	●	●	■	■	■	■
		Conferven und Charen			◀	●	●	●	●	■	■	■
		Flechten und Moose						◀	●	■	■	■
Gefässpflanzen.	Kryptogamen	Farne	◀	●	■	●	●	■	●	●	●	■
		Calamiten	◀	●	■	●	▶					
		Equisetaceen			◀	●	●	■	■	●	●	■
		Lycopodiaceen			◀	●	●	●	●	●	●	■
		Lepidodendren			◀▶							
	Monokotyledonen	Gramineen			◀	●	●	●	●	■	■	■
		Liliaceen			◀	●	●	●	●	■	■	■
		Palmen			◀	●	●	●	●	■	●	●
	Dikotyledonen: Nacktsamer	Sigillarien		◀	■	▶						
		Annularien			◀	▶						
		Cycadeen			◀	●	●	■	●	●	●	●
		Coniferen	◀	●	●	●	●	●	●	■	■	■
	Dikotyledonen: Gehäussamer	Cupuliferen							◀	■	■	■
		Betulaceen							◀	■	■	■
		Saliceen							◀	■	■	■
		Ulmaceen							◀	■	■	■
		Credneriaceen							◀	■	■	■
		Acerineen							◀	■	■	■
		Rhamneen								◀	■	■
		Proteaceen								◀	■	■
		Leguminosen								◀	■	■
		Juglandeen							◀	■	■	■
		alle übrigen								◀	■	■
Thiere.												
I. Strahlthiere.		Infusorien	●	●	●	●	●	●	●	■	■	■
		Foraminiferen			◀	●	●	●	■	■	■	■
		Eingeweidethiere										■
	Korallen: Stern-	Spongiten		◀	●	●	●	■	■	■	■	■
		Octatinen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Graptolithen	◀▶									
		Cyathophyllen	◀	■	■	▶						
		Caryophyllen					◀	■	■	■	■	■
		Astraeen						◀	■	■	■	■
	Korallen: Moos-	Madreporen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	■
		Favosititen	◀	●	■	▶						
		Cerioporinen						◀	■	■	■	■
		Tubuliporinen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	■
		Flustraceen						◀	■	■	■	■
		Quallen						◀	●	●	●	■
	Haarsterne	Marsupiten						◀	■			
		Pentremiten	◀	■	▶							
		Echinosphariten	◀	▶								
		Echinocriniten	◀	▶								
		Eucalyptocriniten	◀	■	▶							
		Cupressocriniten		◀	▶							
		Rhodocriniten		◀	▶							
		Actinocriniten	◀	■	▶							
		Platycriniten		◀	▶							
		Cyathocriniten		◀	■	▶						
		Eugeniacriniten						◀▶				
		Encriniten					◀▶					
		Apiocriniten						◀▶				
		Pentacriniten					◀	■	●	●	●	■
		Comatuta						◀	■	●	●	■
	See-Sterne	Euryaleen										■
		Ophiuren	◀	●			●	●				■
		Asterias	◀	●	●	●	●	■	■	■	■	■
	See-Igel	symmetrische						◀	■	■	■	■
		regulär symmetrische						◀	■	■	■	■
		reguläre	◀	●	●	●	●	■	■	■	■	■
		Holothurien						◀	●	●	●	■
II. Mollusken. (Anfang.)		Mantelthiere										◀
	Conchiferen	Clavagelliten							◀	●	●	■
		Pholaditen							◀	●	●	■
		Myaciden	◀	●	●	●	●	■	■	■	■	■
		Mactreen						◀	●	●	●	■
		Corbuleen							◀	●	●	■
		Lithophagen								◀	●	■
		Telliniten						◀	●	●	●	■
		Luciniten		◀	●	●	●	■	■	■	■	■
		Cytheriten						◀	●	■	■	■
		Astarten						◀	●	■	■	■
		Cardiaceen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	■
		Chamaceen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	■
		Najaden			◀	●	●	●	●	■	■	■
		Arcaceen					◀	●	●	■	■	■
		Trigoniden					◀	■	■	■	■	■
		Mytilaceen		◀	●	●	●	●	●	■	■	■
		Aviculaceen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	●
		Malleaceen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	■
		Pectiniten				◀	●	■	■	■	■	■
		Ostreen			◀	●	●	■	■	■	■	■

Thiere.		Paläozoisch				Mesozoisch			Känozoisch		
		Silur	Devon	Carbon	Permisch	Trias	Jura	Kreide	Tertiär	Quartär	Jetzt
II. Mollsken. (Fortsetzung.)	Rudisten							◀▶			
Brachiopoden	Unguliten	◀▶									
Brachiopoden	Calceoleen		◀▶								
Brachiopoden	Thecideen							◀	●	●	●
Brachiopoden	Craniaceen	◀	●				●	▶			
Brachiopoden	Lingulaceen	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Brachiopoden	Productus		◀	■	■	●	▶				
Brachiopoden	Orthis	■	■	●	■						
Brachiopoden	Spirifer	■	■	●	●	●	▶				
Brachiopoden	Terebratula	◀	●	●	●	●	■	●	●	●	●
Gasteropoden	Tectibranchier						◀	●	●	●	■
Gasteropoden	Cyclobranchier	◀	●	●	●	●	●	●	●	●	■
Gasteropoden	Cirrobranchier		◀	●	●	●	●	●	●	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Fissurelliden		◀	●	●	●	●	●	●	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Haliotiten								◀	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Vermititen								◀	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Capuloiden	■	●	▶					◀	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Involuten								◀	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Conoideen						◀	●	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Volutaceen						◀	●	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Purpuriferen					◀	●	●	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Strombiten						◀	●	●	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Cerilniaceen						◀	●	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Pliaceen						◀	●	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Trochoideen	◀	●	●	●	●	■	■	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Naticeen	◀	●	●	●	●	●	●	■	■	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Ampullarien						◀	●	●	●	■
Gasteropoden, Pectinibranchier	Neritaceen						◀	●	■	■	■
Gasteropoden	Pulmonaten								◀	■	■
Gasteropoden	Heteropoden										■
	Pteropoden	◀	■	●	●	●	●	●	●	●	■
Cephalopoden	Dibranchiaten						◀	●	●	●	■
Cephalopoden	Beleopteren								◀▶		
Cephalopoden	Belemniten					◀	■	▶			
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Turriliten						◀	▶			
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Baculiten						◀	▶			
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Hamiten						◀	▶			
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Scaphiten							◀▶			
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Ammoniten					◀	■	▶			
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Ceratiten					◀▶					
Cephalopoden, Tetrabranchier, Ammoniten	Goniatiten	◀	■	■	●	▶					
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Imperfecti	◀	■	■	▶						
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Clymenien		◀	▶							
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Moniliferen				◀	■	■	■	●	●	●
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Bisiphiten					◀	■	■	●	●	●
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Simplices						◀	■	●	●	●
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Undulati						◀	■	▶		
Cephalopoden, Tetrabranchier, Nautiliten	Aganites						◀	■	▶		
Cephalopoden, Tetrabranchier	Orthoceratiten	■	■	●	●	▶					
III. Gliederthiere.	Anneliden	◀	●	●	●	●	■	■	■	■	■
Insekten	Flügellose						◀		■	■	■
Insekten	Fliegen						◀		■	■	■
Insekten	Schmetterlinge						◀		●	●	■
Insekten	Wanzen						◀		●	●	■
Insekten	Libellen						◀		■	■	■
Insekten	Immen						◀	●	●	●	■
Insekten	Grillen			◀			●	●	●	●	■
Insekten	Käfer			◀			●		●	●	■
	Spinnen und Skorpione			◀			●		●	●	■
Schalenkrebse	Rankenfüsser						◀	●	■	■	■
Schalenkrebse	Büschelfüsser	◀	●	●	■	■	■	■	■	■	■
Schalenkrebse	Blattfüsser			◀	●	●	●	●	●	●	■
Schalenkrebse	Trilobiten	■	●	▶							
Schalenkrebse	Stachelfüsser			◀	●	●	●	●	●	●	■
	Ringelkrebse			◀	●	●	●	●	●	●	■
Aechte Krebse	Maulfüsser		◀	●			●	●	●	●	■
Aechte Krebse, Zehnfüsser	Krebse					◀	●	●	■	■	■
Aechte Krebse, Zehnfüsser	Eremiten						◀	●	■	■	■
Aechte Krebse, Zehnfüsser	Krabben						◀	●	●	●	■
IV. Wirbelthiere.	Knorpelfische		◀	■	■	■	■	■	■	■	■
Einschupper	Ungleichschwänze		◀	■	■	●	●	●	●	●	●
Einschupper	Gleichschwänze					◀	■	●	●	●	●
	Knochenfische						◀	●	■	■	■
	Mastodonsaurier		◀	■	■	▶					
	Apoda										■
	Caudata		◀						■	■	■
	Ecaudata								◀	■	■
	Schlangen								◀	●	■
	Flugsaurier						◀	▶			
	Meersaurier					◀	■	▶			
	Eidechsen				◀	●	●	■	■	■	■
	Schildkröten					◀	●	●	■	■	■
	Vögel			?		●	●	●	●	●	■
	Säugethiere					◀	●	●	■	■	■
V. Mensch											◀



Fig. 127. Araucarienform der Gegenwart am Port Jackson (Neuholland).

1. Flora und Fauna der paläozoischen Periode.

In den tiefern Schichten der paläozoischen Formationen wurden sehr verbreitet Meeresalgen (Conferven) aufgefunden; indessen stellen sich schon in den darauf folgenden der silurischen Grauwacke Farne und Coniferen, wahre Landpflanzen ein, so daß das Vorhandensein von Festland selbst in den frühesten Zeiten nicht bezweifelt werden kann. Die höheren Abtheilungen dieser ältesten Formationen, namentlich die obere Abtheilung der devonischen Gruppe, die Steinkohlengruppe und das Todtliegende enthalten eine sehr große Anzahl baumförmiger Farne, Annularien und Calamiten, einige wenige Cycadeen, Palmen, Gräser und Coniferen, und endlich eigenthümliche, grasartige Blätter tragende, mehr als 100 Fuß Höhe erreichende, mit gleichlaufenden Leisten oder mit Schuppen bedeckte baumartige Pflanzen, die Sigillarien, Lepidodendren und Lycopoditen. In den Sümpfen, in welchen jene Pflanzen wuchsen, deren Reste wir in den Steinkohlenflötzen auffinden, herrschten einestheils die Sigillarien und Lepidodendren, anderntheils die Annularien und Calamiten vor. Beide Pflanzenarten scheinen den Sumpf gesucht zu haben; ihre markigen Stämme stehen sehr oft senkrecht in den Kohlenflötzen und in den Dachgesteinen der Kohlen, so daß sie als an ihrem ursprünglichen

Standorte verschüttet angesehen werden müssen. Sie biegen aber auch häufig um, indem sie, schlank aufgeschossen mit markigen Schaften versehen, leicht vom Sturmwinde abgebrochen werden konnten und in den Sumpf gefallen die Masse der Kohlen vermehrten. Die Sigillarien und Lepidodendren bilden vorzugsweise die tiefern Steinkohlenflötze. Die Calamiten und Annularien, riesige Schachtelhalme, nehmen zwar auch schon an der Masse der tiefern und ältern Kohlenflötze Antheil, sie erreichen aber ihre größere Bedeutung erst in den obern Etagen dieser Formation, wol deshalb, weil sie nur in seichterem Sumpfe wuchsen, während die Sigillarien auch tieferen Sumpf ertrugen. Die Cycadeen und Palmen werden nebst den Farnen in den obern Steinkohlenflötzen und im Todtliegenden häufiger; es stellen sich hier auch mehrere Coniferen, namentlich Araucarien und Cupressen ein, so daß es auf den ersten Blick scheinen könnte, diese Pflanzenarten seien späterer Entstehung. Da aber auch schon in den Silur- und Devon-Schichten Farnwedel, Coniferenstämme und Palmenblätter gefunden werden, so ist die Ansicht, welche das Vorkommen dieser Pflanzen von dem trockenen Standorte abhängig macht, die wahrscheinlichere. Alle diese Pflanzenarten grünten schon von der ersten Zeit an, sie gelangten nur unter verschiedenen Verhältnissen wachsend in ungleicher Menge in die Schlamm- und Torfschichten, weshalb uns nicht gestattet ist, aus dem häufigern Auftreten der einen oder andern Art den Gesammtausdruck der damaligen Flora zu beurtheilen. Während in den am häufigsten untersuchten Steinkohlenschichten fast nur Sigillarien, Lepidodendren, Calamiten, Annularien und Farne gefunden werden, sind den kohlenfreien Sandsteinen weit verbreitete, die Schichten senkrecht durchwachsende Coniferen- und Palmenstämme eigenthümlich; Göppert hat bei Radowenz und Pezka an der Grenze von Schlesien und Böhmen einen mehr als zwanzig Quadratmeilen Fläche bedeckenden, versteinerten Wald der Urzeit aufgefunden. Ein auf dem Festlande gewachsener Araucarienwald sank unter Wasser oder ward durch Dünensand verschüttet, seine zum Theil sehr dicken und hohen Bäume wurden noch eingewurzelt in die Sand- und Schlammmassen begraben. Ihr Holz verweste und ward durch infiltrirte Kieselerde ersetzt, so daß die Form und Struktur der Stämme auf das schönste erhalten blieb.

Die sämmtlichen Arten der in der paläozoischen Periode gewachsenen Pflanzenklassen vergehen schon während dieses Zeitabschnittes; keine gleiche, nur ähnliche finden wir in den spätern Perioden wieder. Die Calamiten werden durch Equisetaceen ersetzt, die Sigillarien und Lepidodendren sterben ganz aus. Von den Landpflanzen gehen die Lycopodiaceen, Volzien, Araucarien, Cupressen, die Palmen und Cycadeen in die mesozoische Periode über, von den Wasserpflanzen die Diatomeen und Algen.

Die Thierwelt der paläozoischen Periode hat eben so viel Eigenthümliches wie die Pflanzenwelt. Von den kleinsten Infusorien und Foraminiferen finden sich schon deutliche Spuren in den ältern Formationen; namentlich sind letztere im Steinkohlenkalksteine und Zechsteine nicht selten. Korallenthiere bauten auch schon in den ältesten Meeren ihre steinernen Burgen oder schwammen wie die Graptolithen frei umher. Die Korallen der ältern Formationen zeigen einen unsicheren

Verlauf der Wirtellamellen, wodurch sie sich von denen unserer Tage unterscheiden. Alle die Millionen Thierchen, welche einen Stock bilden, hingen im Innern zusammen und nahmen, indem sie sich zu kolossalen knollenartigen Massen anhäuften, zwischen welche sich allerlei Schlamm und Thiere ansammelten, wesentlichen Antheil an der Bildung der ältesten Kalksteinlager. Die Zahl der paläozoischen Arten ist nicht sehr groß; einige, die Graptolithen, Cyathophyllen und Favosititen sind der Periode eigenthümlich und werden schon in der nächstfolgenden durch andere Geschlechter vertreten.

Unter den Seesternen herrschen die festgewachsenen Haarsterne mit kurzen Armen. Die ältesten dieser Pflanzenthiere sind fast kugelrund, mit eckigen Schuppen, kurzem Stiel und sehr verkümmerten Armen. Alle unterschiedenen Klassen umfassen viele Arten, von denen die Mehrzahl den drei untern Abtheilungen der paläozoischen Formation angehört. Namentlich sind sie häufig mit den Korallenstöcken vergesellschaftet, doch stellen sie sich in manchen Fällen auch allein ganze Schichten erfüllend ein, so daß es scheint, als ob sie gewisse Gegenden des Meeresgrundes, wo sie, vor den Eingriffen des Wellenschlages gesichert, ihre Strahlenkelche entfalten konnten, sich zur Wohnung ausersehen hätten. Seesterne und Seeigel sind dagegen noch sehr selten. Bis jetzt sind aus der paläozoischen Zeit ungefähr 430 Strahlthierarten bekannt geworden.

Unter den Mollusken sind die Conchiferen am sparsamsten, von zwanzig Familien sind nur zehn vertreten; die Zahl der Arten ist ebenfalls gering. Da diese Molluskenarten das Litoralgebiet bezeichnen, so dürfen wir annehmen, daß die bekannten Fundorte in den ältern Formationen mehr tiefe Meerestheile umfassen. Nur im Zechsteine herrschen Conchiferen vor, er ist mehr eine Strandbildung. Dagegen ist die Anzahl der Brachiopoden, der sich mit einem Muskel anheftenden, mit gefransten, beweglichen Armen versehenen, größere Meerestiefen bewohnenden Muschel, in der ersten Periode der Erdentwicklung sehr groß gewesen. Die Familien der Calceoliten, Unguliten und Orthiten gehören den ältesten Schichten ausschließlich an, Spiriferen, Productus und Crania haben sie mit der mesozoischen Periode gemeinschaftlich, und nur die Familien Lingula und Terebratula reichen aus den tiefsten Schichten bis auf unsere Tage herauf.

Von Gasteropoden (gewundenen Schnecken, welche auf dem Bauche kriechen) kommen nur wenige Arten aus sechs Familien vor; keine einzige Familie ist ausschließlich dieser eigenthümlich, wol aber sind die Arten sämmtlich von denen der spätern Zeiten verschieden.

Pteropoden, die Bewohner der Hochsee, sind in großer Zahl in die Schichten der Formation eingebettet; von Cephalopoden dagegen, welche in der mesozoischen Periode so zahlreich sind, finden sich nur vier der Zeitepoche ausschließlich zugehörige und eine bis in die letzten Tage aushaltende Familie vor. Goniatiten, imperfecte Nautiliten und Clymenien sind unter den aufgewickelten die bemerkenswerthesten, ihre Kammern sind durch nicht stark geknickte Scheidewände getrennt. Die Orthoceratiten (Gradhörner), diese geraden aus an einander gesetzten einfachen Kammern mit flachgewölbten Scheidewänden gebildeten Cephalopodengehäuse

herrschen schon in der tiefsten Schicht der paläozoischen Formation, vermindern sich an Zahl der Arten und Individuen gegen deren obere Abtheilung, den Zechstein, und verschwinden in der ersten Abtheilung der mesozoischen Zeit. Durch die bisherigen Forschungen sind aus der paläozoischen Periode ungefähr 2750—2800 Molluskenarten bekannt geworden.

Im Anfange der paläozoischen Periode sind unter den Gliederthieren Anneliden, namentlich Nereïten und Trilobiten (Blattfüßer) in großer Anzahl vorhanden. Die letzteren, eigenthümliche den Asseln ähnliche Thiere mit zusammengesetzten Augen, nehmen in Hunderten von Arten, groß und klein, zu Millionen vereinigt, an der Bildung der ältern Kalk- und Schieferschichten Antheil. Manche dieser Schichten bestehen nur aus diesen zu Kugeln eingerollten Thierchen. Sie sind sehr vielgestaltig, zum Theil mit langen, stachelartigen Anhängseln, mit gestielten Augen, mit breiten oder zackigen Schwänzen. Diese Thiere entsprechen im Bau den Apus-Arten unserer Tage, dem in stagnirenden Wassern lebenden Flossenfuß, von welcher Gattung einige Arten schon in dem stagnirenden ungesalzenen Wasser der alten Steinkohlensümpfe lebten. Die Trilobiten waren aber Meeresbewohner; sie hielten sich wahrscheinlich in ruhigen Buchten oder in den Atolls der Koralleninseln auf, wo weder Wellenschlag noch Brandung hinrollten, und wo im flachen Wasser Licht und Wärme der Sonnenstrahlen bis auf den Boden wirkten. Von den Büschelfüßern oder Muschelkrebsen begegnen wir schon mehreren Arten in der silurischen und in der obern Abtheilung der devonischen Formation, wo sie zu Myriaden zusammenliegend ganze Schichten erfüllen. Diese kleinen Krebse bevölkern ruhigstehende, flachgründige, mit Conferven erfüllte Gewässer; sie häuten sich oft und werfen dabei ihr Gehäuse ab, woraus sich die ungeheure Anzahl der in den Schlamm- und Kalkabsätzen niedergelegten Schälchen erklärt. Die in den älteren Gesteinen vorkommenden sind als Agnostus und Cypridina unterschieden worden; sie entsprechen den Cytherinen unserer schwachgesalzenen Wasser. Auch Stachelfüßer oder Limulusarten (Schalenkrebse mit häutiger Schale) finden sich schon in der ältern Steinkohlenformation. Von den Ringelkrebsen stellen sich in derselben Formation Flohkrebse (Gampsonyx) ein. Von ächten Krebsen ist bis jetzt nur ein Maulfüßer (Bostrichopus) in der untern Steinkohlenformation aufgefunden worden. In den Süßwasserbildungen der Steinkohle wurden ferner ein Rüsselkäfer, mehrere Grillenarten, eine Heuschreckenart und ein Skorpion aufgefunden, woraus gefolgert werden kann, daß außerdem noch andere Insekten gelebt haben, von denen bis jetzt noch keine Ueberreste entdeckt wurden. Alle diese Insekten lebten nicht im Wasser, sondern in der Atmosphäre.

Wirbelthierarten konnten bisher aus der paläozoischen Formation nur sehr wenige untersucht werden; es sind meistentheils Reste von Knochenschuppen tragenden Fischen und Knorpelfischen. Die in den ältesten Schichten (dem Devonischen) gefundenen Reste gehören Haien an, die spätern sind höchst sonderbar gestaltete, knochenschuppige, ungleichschwänzige Fische; man hielt sie anfangs für Schildkröten oder Krebse, so wenig erinnert ihre Form an die der gegenwärtigen Fische. Erst in den Süßwasserbildungen der Steinkohle des Todtliegenden und

Kupferschiefers stellen sich Ganoiden mit ungleicher Schwanzflosse, ganz wie die ungleichschwänzigen Knorpelfische, aber mit der Flossenstellung unserer Süßwasserfische ein. Gleichzeitig beginnen schon in der mittleren Devonformation die Amphibien, sie erreichen eine größere Bedeutung in dem die Lurch- und Lacertennatur vereinigenden Archegosaurus der Steinkohlenformation und den im Kupferschiefer und Zechsteine gefundenen, verschiedenen, die Monitor-Arten unsrer Tage vertretenden Sauriern. Vögel und Säugethiere der paläozoischen Formation sind noch nicht bekannt, deshalb aber ist man noch keineswegs zu dem Schlusse berechtigt, daß die Erde diese Thierformen damals noch nicht getragen habe. Vor wenigen Jahren kannte die Wissenschaft auch noch keine Amphibien aus der devonischen Formation und nur eine sehr geringe Anzahl aus dem permischen und carbonischen Gesteine, während es jetzt keinem Zweifel mehr unterliegt, daß diese Form der Wirbelthiere schon zu den frühesten der Erde gehört.

Wenn gesagt worden ist, am Anfange der paläozoischen Zeit habe das Thier- und Pflanzenleben in einfachen Formen begonnen und sich allmälig zu größerer Vollkommenheit entwickelt, so ist dabei übersehen worden, daß zu jeder Zeit einfacher und zusammengesetzter organisirte Wesen die Erde bevölkert haben, und daß sich deren Wohnorte je nach dem Grade ihrer körperlichen Ausbildung richten. Die Thiere vom einfachsten Körperbau und der geringsten Manchfaltigkeit in der Zahl und Anordnung der Bewegungsorgane bewohnen das tiefe Wasser, die Hochsee, die reicher gegliederten dagegen leben schon dem Ufer näher. Denjenigen, welche Hochsee und Litoralgebiet besuchen sollen, muß schon eine schnellere Bewegung gestattet sein; sie haben deshalb auch Gliedmaßen (Flossen) bekommen. Sollen sie Wasser und Land zu ihrem Aufenthalte wechselnd wählen können, so muß die Flosse zum Fuße werden. Wer fliegen will, muß Flügel und einen solchen Körperbau besitzen, daß er sich mit Luft füllen und dadurch leichter machen kann. Deshalb ist aber ein Vogel kein vollkommneres Wesen als ein Pterodactylus, eine Flugeidechse der Juraperiode; deshalb ist ein Fisch mit kugelendigen Rückenwirbeln, welche eine schlängelnde Bewegung des Körpers gestatten, in seiner Art nicht weniger vollkommen als ein mit starrem, steifem Panzer und wenig beweglichem Rückgrad ausgestattetes Krokodil.

Nach Allem, was wir bis zu diesem Zeitpunkt geologischer Forschung von der organischen Welt der paläozoischen Periode wissen, können wir nur sagen: daß alle damaligen Thier- und Pflanzenarten jetzt nicht mehr existiren, daß ihre Anzahl geringer war als in spätern Perioden, daß sie meist einen sehr einfachen Körperbau besaßen, und daß wir vorzugsweise das Meer und Inseln Bewohnende kennen. Vielleicht ändern sich unsere Ansichten, sobald wir alle an die Erdoberfläche stoßenden paläozoischen Schichten aller Erdtheile genauer studirt haben; wir befinden uns jetzt, wo wir nur wenige Reste aus europäischen und amerikanischen Gebieten kennen, etwa in demselben Falle, in welchem Jemand sein würde, der sich aus der Flora und Fauna Australiens ein Bild von dem Zustande der jetzigen Erdoberfläche entwerfen wollte.



Fig. 128. Ein Korallenriff der Gegenwart, eine natürliche Festung der Neuseeländer bildend.

2. Flora und Fauna der mesozoischen Periode.

Wie während der paläozoischen Periode mächtige Schichten von weiter Ausdehnung vollkommen versteinerungslos gefunden werden, so auch in der mesozoischen. Wie dort, so ist auch hier das Thier- und Pflanzenleben auf gewisse Oertlichkeiten beschränkt gewesen. In den verschiedenen Schichtenverbänden, welche während der mittleren Zeitepoche entstanden, trennen sich ebenso entschieden, wie in denen aus der paläozoischen, Land-, Süßwasser- und Meerbildungen, welche durch die in ihnen abgelagerten Pflanzen und Thiere als solche erkannt werden. Von Zellenpflanzen finden sich in dieser Periode die Diatomeen mit ihren Kieselschalen überall; ferner sind Pilze, welche wahrscheinlich auch der paläozoischen Periode nicht fehlen, mit Sicherheit zuerst im Lias aufgefunden worden. Algen des Meeres von verschiedenen Formen und Conferven des süßen Wassers sind in allen Schichten beobachtet worden; sie finden sich an einzelnen Stellen in dickeren und dünneren, mit Schlamm vermischten Lagern; sie nehmen an der Bildung des Kalksteines Theil; auch Flechten und Moose fanden sich vor.

Von den Gefäßpflanzen reichen die Calamiten nur mit einer geringen Artenzahl in die erste Zeit dieser Periode herüber. Annularien sind ganz unbekannt. Diese paläozoischen Formen haben ihr Ende erreicht. Sie werden ersetzt durch eine große Menge baumförmiger Equisetaceen, durch mächtige Schachtelhalme, welche sich an den reichen Steinkohlenlagern dieser Zeit betheiligen und darin dieselbe Rolle spielen, wie in der ältern Formation die Calamiten.

Die Farne unterscheiden sich im Allgemeinen von denen der paläozoischen Zeit durch ihre stärkeren netznervigen Blätter; auch ihre Wedel liegen in großer Menge in den Dachgesteinen der mächtigen Lias-, Jura- und Wealdenkohle; ihre Artenzahl ist nicht geringer als in der früheren Periode. Diese mesozoische Periode ist die der Cycadeen, welche in großer Zahl und Manchfaltigkeit vorherrschen. Sie ersetzen die Sigillarien und Lepidodendren. Gegen das Ende der Periode nehmen sie jedoch wieder ab, so daß es scheint, als ob sie in dieser Zeit den Höhepunkt ihrer Entwicklung gefunden hätten. Lycopodiaceen, welche aber nicht mehr baumförmig wie die Walchien des Todtliegenden erscheinen, sind neben Gramineen, Liliaceen und Palmen vertreten. Die Dikotyledonen dieser Zeit sind vorherrschend. Nacktsamer, Coniferen, namentlich Volzien (Cupressineen), ähnlich denen des Todtliegenden, Pinusarten mit mächtigen Stämmen, Araucarien, Damariten mit fast kugelfömigen Zapfen, Albertien und Cunninghamien, breitblättrige Coniferen, den Podocarpen ähnlich, kommen schon in der Trias vor. Sohin böte diese Familie eine größere Abwechselung als in der früheren Periode. Zuletzt fanden sich in der Kreide, also gegen Ende der Periode, Blätter von Salicineen, Carpinus einer Credneria genannten Ulmacee und andere.

Die Fauna dieser mittleren Zeit ist um ein Drittheil reicher an Familien als die frühere. Infusorien und Foraminiferen bilden ganze Gebirgslager, die Spongiten ersetzen die Mooskorallen der ersten Zeit, indem sie sich stark an der Felsbildung des Jura betheiligen; aber auch die letzteren sind in zahlreichen Arten vertreten. Die Cyathophyllen der paläozoischen Meere werden durch zahlreiche Caryophyllen vertreten; Asträen und Cerioporinen ersetzen die Favositen der alten Zeit, so daß es an mächtigen Korallenriffen durchaus nicht fehlt. Von nackten Quallen lassen sich die ersten erhalten gebliebenen Spuren verfolgen. Die Haarsterne spielen auch in den Meeren dieser Periode noch eine große Rolle, doch sind die Arten durchaus abweichend von den paläozoischen, und während die Criniten der Trias noch einigermaßen an diese erinnern, gewinnen im Lias und Jura einige wenige Familien mit vielgliedrigen, langen, gewimperten Fangarmen Bedeutung. Die Pentacriniten ähneln den in unsern heutigen Meeren vorkommenden Pentacriniten, welche man für die mittelst eines Stieles an den Meeresboden festgeheftete Brut oder für Larven der frei im Wasser schwimmenden Comatula hält, nur sind die der mesozoischen Periode viel größer. Man könnte sie also als im Larvenzustande beharrende Comatula halten, von denen allerdings im weißen Jura und in der Kreide mehrere große Arten nicht selten sind. Die Anzahl der Seeigel und Seesterne ist ebenfalls groß in dieser Formation, sie gehen in zahlreichen Arten durch alle Schichten hindurch und ihnen gesellen sich Spuren von Holothurien zu. Man kennt aus der mesozoischen Zeit jetzt etwa 1900 Strahlthierarten, also beiläufig fünfmal so viele als aus der paläozoischen Periode.

Auch die Molluskenfauna gewinnt in dieser Periode einen größern Umfang, wie schon ein Blick auf unsere Tabelle zu S. 22 zeigt. Die Conchiferen und Gasteropoden, die Bewohner der Küste und der flacheren Meeresgebiete herrschen vor an Zahl der Arten und Individuen; es finden sich Austernbänke ein und viele

Formen erinnern schon sehr an die unserer Meere. Die meisten Brachiopodenfamilien der ältern Periode sind vergangen, nur Productus und Spirifer reichen noch in den Anfang herein, Lingula und Crania treten auf und Terebrateln gewinnen die Oberhand; in dieser Periode liegt der Gipfelpunkt für dieses Thiergeschlecht. Cyclobranchier (Patella), Tectibranchier (Bulla) und Cirrobranchier (Dentalien) sind vertreten. Unter den Gasteropoden zeichnet sich das Geschlecht der Belemniten aus; es ist für diese Periode, was die Orthoceratiten für die älteste waren. Diese unter dem Namen Donnerkeile bekannten Körper werden für feste Theile von Cephalopoden gehalten; sie sind fingerförmig, mit einer gekammerten konischen Endröhre versehen, füllen ganze Gebirgsschichten an und sind für Lias, Jura und Kreide sehr bezeichnend. Sie verschwinden am Ende der Periode gänzlich. Unter den aufgerollten Cephalopoden stehen die Ceratiten der Trias den ältern Goniatiten an Einfachheit des Baues noch nahe; im Lias, Jura und der Kreide werden die Kammernscheidewände vielgestaltiger. Die Zahl der Spielarten gewinnt ungemein, so daß man die Juraformation die Zeit der Belemniten und Ammoniten nennen könnte. Gegen das Ende der Periode werden die Ammoniten ungestaltig; es geht daraus hervor, daß ihre Zeit abgelaufen war. Auch die Zahl der Nautiliten ist größer als in der früheren und spätern Periode, dagegen reichen Orthoceratiten nur in wenigen Arten in den Anfang des Zeitabschnittes herein. Nackte Tintenfische (Dibranchiaten) werden hier zuerst gefunden, sie haben ihre Sepia noch so wohl erhalten neben sich liegen, daß damit Kupferstichabzüge der gedachten Thiere angefertigt werden konnten. Man kennt jetzt ungefähr 7000 Molluskenarten dieser Periode.

In dem feinen Kalkschlamme der lithographischen Schiefer, welche zur Abtheilung „weißer Jura" der mesozoischen Formation gehören, war Gelegenheit geboten zur Aufbewahrung der leicht zerstörbaren Theile von geflügelten Insekten, wenn solche Thiere zufällig in das Wasserbassin hereinfielen, in welchem jener Schlamm erhärtete; deshalb konnten in diesen Schiefern flügellose Scolopendren, Fliegen, Schmetterlinge, geflügelte Wanzen, Libellen, Immen, Heuschrecken, Grillen und Käfer jener Zeit aufgefunden werden. Manche dieser Insektengeschlechter kommen schon in ältern Schichten vor, und es ist kaum zu bezweifeln, daß sie gleichzeitig mit den Pflanzen, von denen sich ihre Larven nähren, entstanden sind, also bis in die erste Periode herabreichen. Krebse finden sich zahlreich in den Kalken der Juraformation, Trilobiten sind aber gänzlich ausgestorben.

Die Anzahl der Wirbelthiere ist während dieser Periode im Zunehmen. Haie, Eckschupper mit ungleicher und gleicher Schwanzflosse, sowie Knochenfische (Stintarten in der Kreide) repräsentiren die Fische. Die gleichschwänzigen Eckschupper herrschen vor; es sind sämmtlich Meerfische.

Unter den Amphibien stellen sich höchst auffallende Gestalten ein. Namentlich sind dies die mit Flügeln begabten Pterodactylen, von denen man einige zwanzig Arten kennt. Diese Thiere, deren Bau an den der Vögel und Fledermäuse zugleich erinnert, sind dieser Zeit eigenthümlich. Nächst ihnen die großen, in zahlreichen Arten vorkommenden Meersaurier, Ichthyosaurus und Plesiosaurus.

Auch diese Amphibien geben der mesozoischen Periode eine Eigenthümlichkeit, welche sie mit keiner andern theilt; diese gefräßigen Raubthiere finden wir an manchen Stellen in großer Anzahl, woraus auf ein reiches Thierleben geschlossen werden darf. Von Vögeln und Säugethieren sind im Buntsandstein der Trias, im Lias und braunen Jura die ersten Spuren, als Abdrücke von Füßen (Fährten) und Zähne (meist von Beutelthieren), aufgefunden worden. Die Schichten, welche während des ältesten Zeitabschnittes sich ablagerten, enthalten zwar auch verschiedene Thier- und Pflanzenformen, je nachdem sie sich in weit von einander entfernten Erdzonen bildeten, so daß die Devonformation von Nordamerika nur wenige Arten mit der Deutschlands gemeinschaftlich hat; dieses Verhältniß tritt aber bei dem größern Artenreichthum noch deutlicher in der mesozoischen Periode hervor.

Die meisten aus dieser Zeit bekannt gewordenen Thiere sind Bewohner der Meere, die Pflanzen größtentheils Sumpfpflanzen; aber da größere Flächen der durch Geologen untersuchten Erdtheile mit den Schichten der Trias, des Jura und der Kreide bedeckt sind, so hat sich doch schon eine größere Anzahl von Landpflanzen und Thieren, von Bewohnern der auf dem Festlande fließenden ungesalzenen Gewässer kenntlich gemacht.

3. Flora und Fauna der känozoischen Periode.

Die jüngsten Sedimente sind in Europa am manchfaltigsten gegliedert; bei ihnen ist der Wechsel von Süßwasser- und Meerbildungen am größten; sie liegen überall an der Oberfläche, wodurch ihre Untersuchung sehr erleichtert wird; deshalb haben sie den reichsten Schatz an Landpflanzen und Landthieren ergeben, während von Meerbewohnern zumeist nur die der Küstenstrecken aufgefunden worden sind. Känozoische Hochseebildungen sind noch so gut als unbekannt; es fehlen deshalb in den Versteinerungsverzeichnissen dieser Gesteinsformationen die meisten Bewohner tieferer Meerestheile.

In den Gesteinen der Tertiär- und Quartärformationen, welche große Landstriche bedeckend, an der Zusammensetzung mächtiger Gebirge Antheil nehmen, und sowol in der Breite als Dicke Dimensionen besitzen, die in keiner Weise der Verbreitung und Mächtigkeit der ältern Gesteine nachstehen, fehlen sehr oft die Versteinerungen. Man hat versteinerungsleere Schichten vor sich, welche trotzdem nicht in tiefem Meere gebildet sind, sondern in denen sich die eingebetteten organischen Reste nicht erhalten konnten, weil sie sich zu Staub zerrieben oder schnell verwesten. In den meisten Geröllen und Conglomeraten findet dies statt, während im Kalke, Thone, feinen Sandsteinen und in den Kohlenlagern die feinsten Gewebtheile der organischen Wesen aufs schönste erhalten blieben, ja zuweilen noch in ihrer chemischen Zusammensetzung kenntlich sind. Ein jeder Erdtheil hat in der känozoischen Periode seine eigenthümliche, von der jetzigen jedoch etwas abweichende Flora und Fauna besessen. Es werden in Europa Pflanzen- und Thierformen bemerkt, welche jetzt Nordamerika, Südamerika, Australien und Asien angehören, während in jenen Ländern wieder europäische Arten vorkommen. Damals bestand sohin

noch keine so scharfe Trennung der Arten nach verschiedenen Welttheilen als heute, und dennoch lassen sich schon in den an einzelnen Punkten ohne Unterbrechung auf einander folgenden und sich bedeckenden Schichten mit Sicherheit klimatische Unterschiede nachweisen, je nachdem jene Schichten am Ufer eines nach Süden oder am Strande eines nach Norden ausgedehnten Meeres entwickelt worden sind.

In dieser Periode ähnelt die Flora der jetzigen in hohem Grade. Die gehäussamigen Pflanzenarten nahmen den beträchtlichsten Antheil an der Ausschmückung der Landschaften, welche durch Insekten, Vögel und Säugethiere und das Festland bewohnende Schnecken und Amphibien belebt war. Wenn auch in der ersten Hälfte der Periode nur sehr wenige Pflanzen- und Thierarten mit denen der Jetztzeit, vielmehr mit denen der vorhergehenden mesozoischen Periode stimmen, so nimmt doch deren Anzahl im Verlaufe zu, und es geht diese Zeitepoche allmälig in die jetzige über, welche nur durch den Menschen sich auszeichnet. Ein Blick auf die Tabelle zu S. 22 läßt schon diese größere Uebereinstimmung ahnen; es reicht keine die früheren Zeiten besonders kennzeichnende Thier- oder Pflanzenfamilie in diese neue Periode herein, vielmehr beginnen in ihr mehrere, welche heute eine größere Bedeutung erlangt haben.

Manche der in der känozoischen Periode ausgestorbenen Thierarten, welche damals die gemäßigte Zone bewohnten, zeichnen sich durch besondere Körpergröße aus; es darf daraus der Schluß gezogen werden, daß sie in jenen Zeiten den Schwerpunkt der zu den Organismen zu verwendenden Massen bildeten, wovon bei der speziellen Beschreibung der einzelnen Formationen noch weiter die Rede sein wird. Wir werden nun die einzelnen Perioden mit ihren Unterabtheilungen etwas mehr ins Einzelne betrachten und beginnen mit der Urzeit.

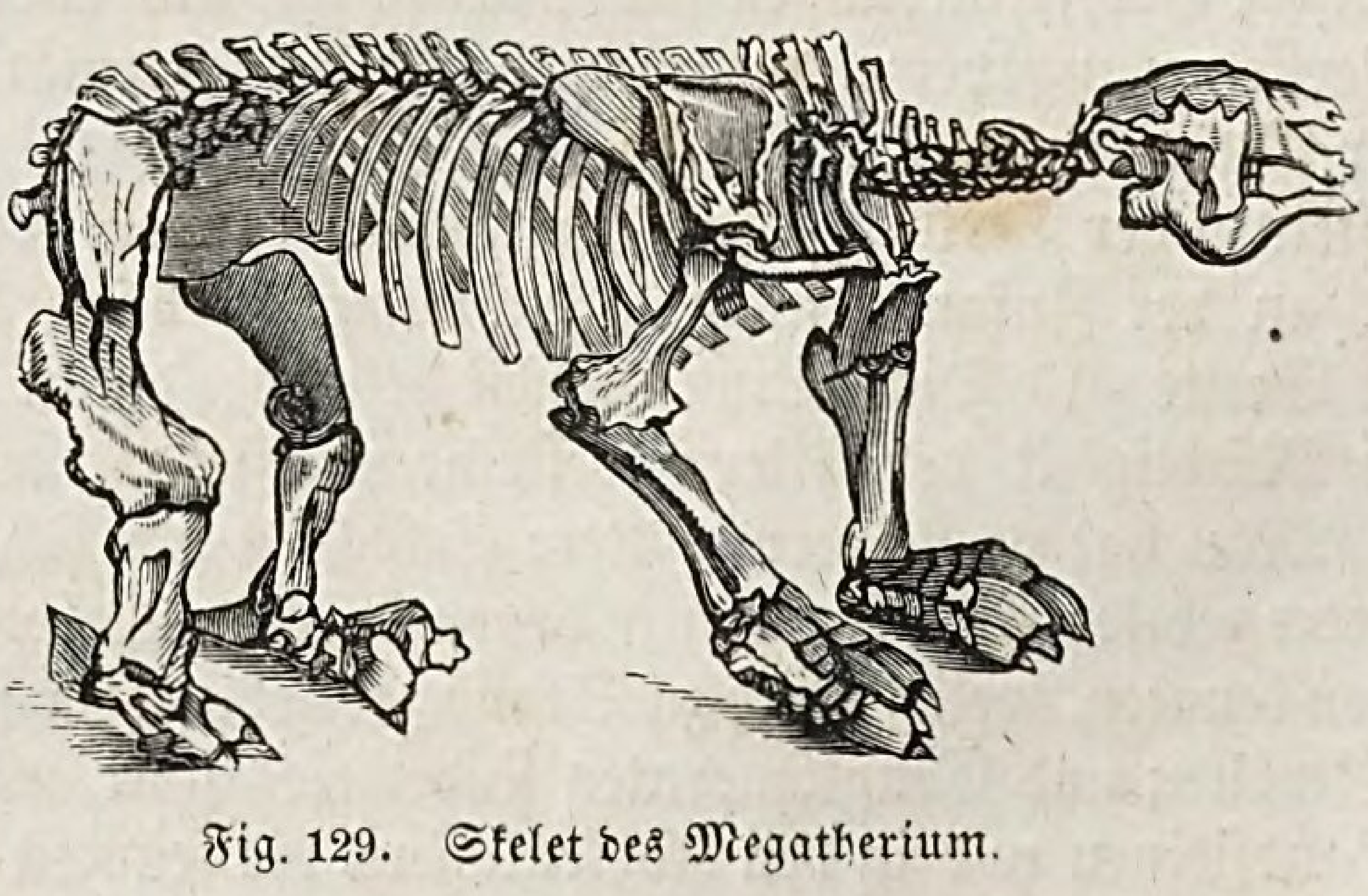


Fig. 129. Skelet des Megatherium.

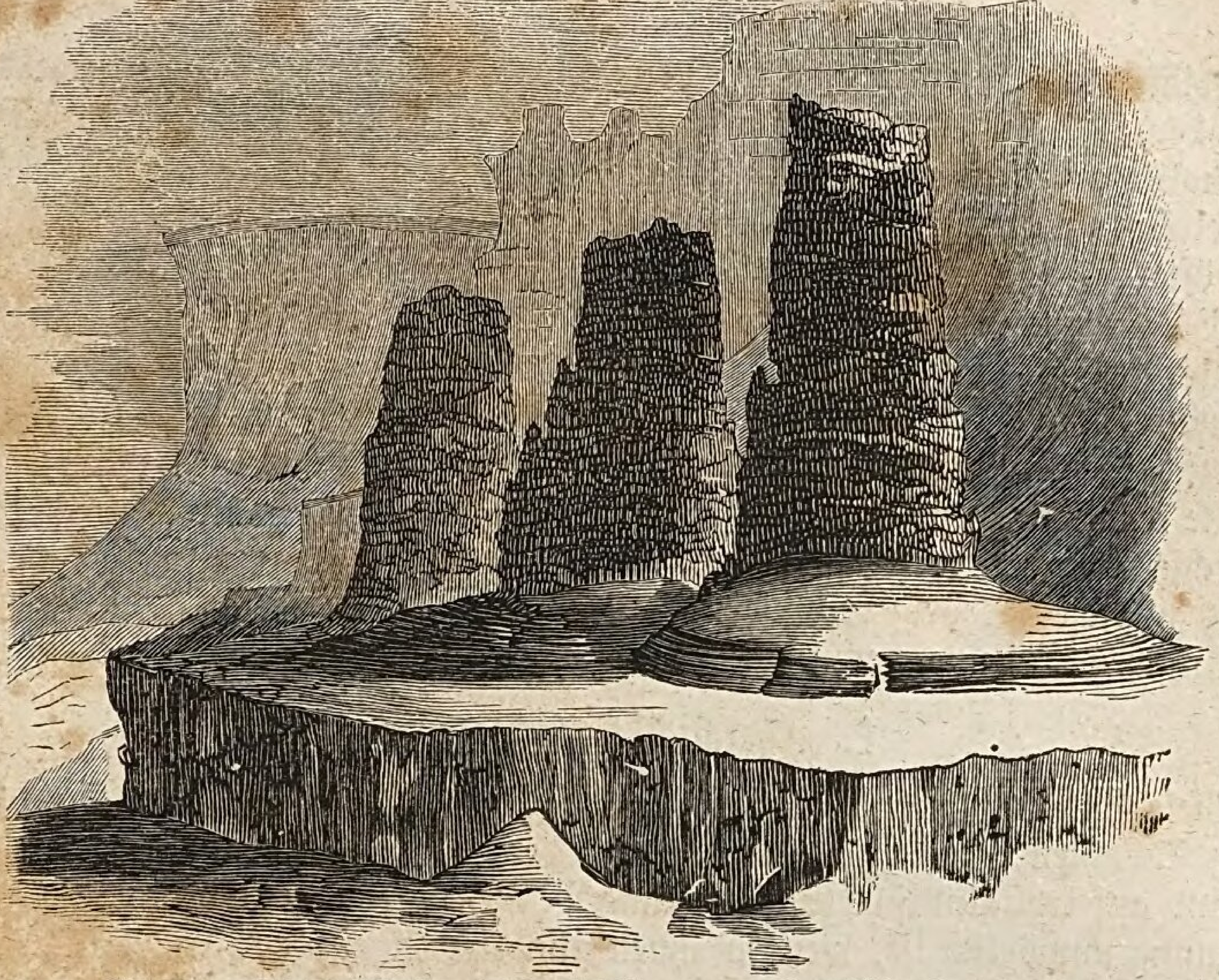


Fig. 130. Die drei Brüder; Granitfelsen an der Nordküste Grönlands.

I. Die Formationen der Urzeit.

Gewisse krystallinische Schiefergesteine, namentlich Gneus, Glimmerschiefer, Grünschiefer und versteinerungslose Thonschiefer, in Verbindung mit Syenit und Granit, werden allgemein als der Kern der Erde, als die erste Unterlage für das Meer und für die Sedimente angesehen, welche die aus ihm abgelagerten Versteinerungen von Thieren und Pflanzen einschließen. Dennoch gestehen alle diejenigen, welche sich mit genauer Untersuchung der Lagerungsverhältnisse befaßten, zu, daß alle jene genannten krystallinischen Gesteine auch auf Sedimente mit organischen Resten gelagert vorkommen, in solchen Fällen sohin jünger als diese Sedimente sind, und daß sie selbst zuweilen Versteinerungen der paläozoischen und der mesozoischen Periode einschließen, daher als Erzeugnisse der Gesteinsumwandlung betrachtet werden müssen.

In Wahrheit sind die krystallinischen Schiefer- und Massengesteine zwischen den Sedimenten mehrfach vertheilt und müssen in vielen Fällen als metamorphosirte Felsarten gelten; sie bilden aber auch wieder die Unterlage der ältesten und durch alle Formationen hindurch der jüngsten Sedimentgesteine, und sind somit, ganz abgesehen von ihrer Entstehung, als Grundlage der letztern anzuerkennen. Es ist in hohem Grade wahrscheinlich, daß sie in ihrem jetzigen Zustande nicht gebildet worden sind, sondern daß sie sich im Laufe der Zeit wesentlich verändert haben; sie sind daher zu den metamorphosirten Gebirgsarten zu stellen. Wir müssen bekennen, daß uns kein Urgestein in seiner ursprünglichen Gestalt bekannt ist, wir dürfen aber vermuthen, daß diese ersten Bildungen, aus deren Verwesung

alle Sedimente hervorgingen, den Laven unserer Tage oder den Silikatbestandtheilen der Meteorsteine ähnlich waren. Während des Ueberganges aus dem uranfänglich amorphen in den krystallinischen Zustand schwoll die Masse der Gesteine beträchtlich an, wie Daubrée's schätzbare Experimente, von denen im ersten Bande öfters die Rede war, nachweisen, und hierdurch sind die vielfältigen Hebungen und Lagerungs-Störungen zu erklären, welche von der krystallinisch gewordenen Unterlage der Schichtengesteine ausgehend so oft den Kern der Gebirgszüge bezeichnen. Die Umwandlung amorpher Massen findet aber ohne allen Zweifel auch heute noch statt und hat zu jeder Zeit Fortschritte gemacht; wir werden deshalb alle metamorphosirten Gesteine, welche mit Versteinerung-führenden Schichten wechsellagern oder solche discordant bedecken, bei den Sedimentformationen und als zu diesen gehörig besprechen, und nehmen hier nur Rücksicht auf diejenigen krystallinischen Gesteine, deren Alter sich nicht mit Sicherheit nachweisen läßt.

1. Geschichtete Urgesteine.

Viele älteste Sedimentgesteine, namentlich die silurischen, devonischen und permischen Schichten, auch viele Abtheilungen der mesozoischen und känozoischen Periode sind auf krystallinische Schiefer- und Massengesteine abgelagert, deren Altersbestimmung unmöglich ist, weil in ihnen alle Versteinerungen fehlen; wir zählen sie deshalb vorläufig zu den Urgesteinen. Zu den geschichteten Urgesteinen stellen wir Gneus, Glimmer-, Grün-, Hornblende-, Chlorit-, Talk- und Thonschiefer, sowie körnigen Kalk.

Alle diese Gesteine kommen mit einander abwechselnd und oft so in einander verwoben vor, daß sie sich schwer von einander trennen lassen. In verschiedenen Gegenden herrscht das eine oder das andere vor; sie sind immer durchbrochen, oder abwechselnd gelagert mit Granit, Weißstein oder Granulit, Syenit und Felsit. Außerdem werden sie von Diorit, Gabbro, Serpentin, Melaphyr, Basalt, Trachyt und Phonolith gangartig durchsetzt; auch stellen sich in ihnen reiche Erzlager und Gänge ein.

Der Gneus macht in der Regel die tiefste Unterlage der Urgesteine aus; er wechselt nach oben mit Grünschiefer dergestalt ab, daß eine Trennung der beiden Gesteine fast unmöglich ist. Es liegen dickere und dünnere Bänke beider Felsarten in großer Anzahl abwechselnd über einander, und zwar oft in der Weise, daß das eine große platte ellipsoidische Stücke in dem andern bildet. Dasselbe findet beim Glimmer- und Hornblendeschiefer statt; auch Weißstein, Syenit, Schriftgranit, Granatfels und körniger Kalkstein ordnen sich auf diese Weise ein, so daß eine Trennung der Massen gänzlich unthunlich erscheint. Zuweilen aber herrscht der Gneus vor; ihm erscheinen in regelmäßiger Folge Grünschiefer, Glimmerschiefer und endlich Thonschiefer aufgelagert.

Unsere Abbildung Fig. 131 stellt einen idealen Durchschnitt des Spessarts, namentlich der Umgegend von Aschaffenburg, dar, wo der Gneus als tiefstes Gestein auftritt. Ihm folgen Grünschiefer und Glimmerschiefer, über den endlich Sedimente verschiedenen Alters mit Versteinerungen ausgebreitet liegen. — Granit und Syenit stehen in einem eigenthümlichen Verhältnisse zu diesen geschichteten

Urgesteinen; man kann nicht sagen, daß sie dieselben durchbrechen; sie treten in Kuppen auf und sind zuweilen in dünnen Schichten mit ihnen abwechselnd gelagert oder bilden sogar größere und kleinere linsenförmige Einschlüsse in ihnen. Diese innige Verbindung von Glimmergneus, Hornblendegneus (oder Grünschiefer), Granit und Syenit ist auch im Odenwalde, in Norwegen, Schweden, Finnland, Schottland, Frankreich, in den Alpen, in Nordamerika bemerkt worden, so daß sie als eine allgemein verbreitete Erscheinung angesehen zu werden verdient. Anderwärts sind die Gneusbänke unter sich durch die Färbung verschieden, so daß rothe mit grauen abwechseln oder in stärkeren Partien auf einander folgen.

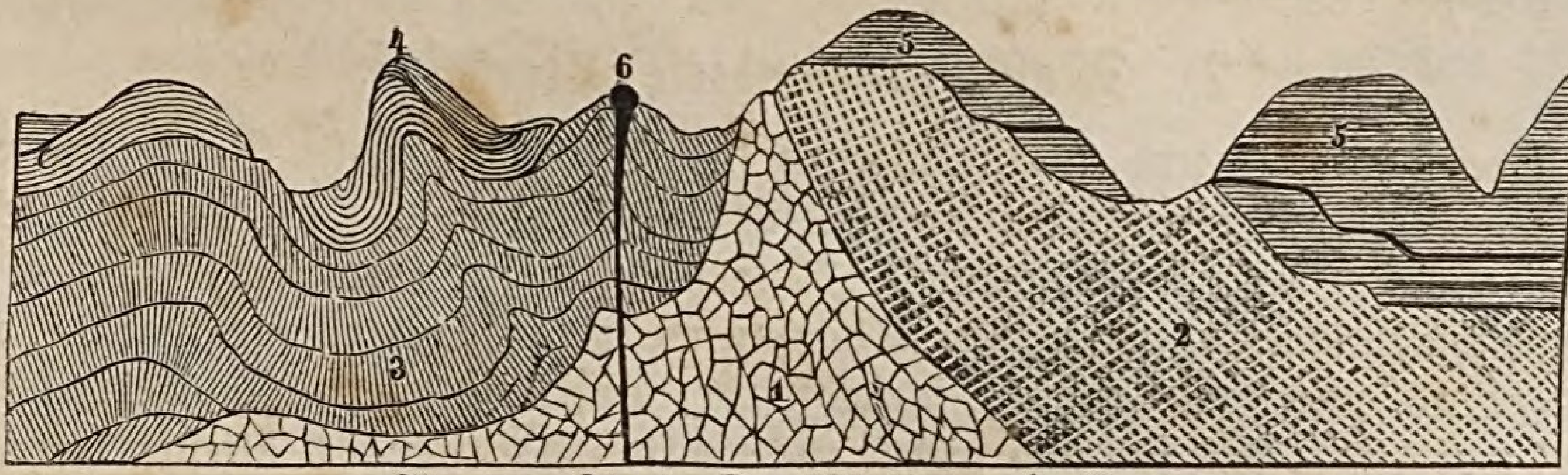


Fig. 131. Idealer Durchschnitt des Spessarts.
1. Granit; 2. Syenit; 3. Gneus; 4. Glimmerschiefer; 5. Sedimentgesteine; 6. Basalt.

Der Grünschiefer, ein schiefriges oder körniges Gemenge von Orthoklas, Oligoklas, Albit und Hornblende, dem sich gewöhnlich etwas Quarz zumischt, bildet aber in manchen Gegenden stärkere reinere Lager für sich, wie der reinere Gneus; er geht wie letzterer, in den Granit, allmälig in den Syenit über. Ihm folgt sehr oft der Glimmerschiefer, welcher aber anderwärts auch unmittelbar auf dem Gneus liegt. Der Glimmerschiefer wechselt gewöhnlich mit Quarzschiefer- und Quarzit-Bänken; er ist zuweilen, was auch beim Grünschiefer vorkommt, in dünnen Schichten mit Kalkstein verwebt. Chlorit- und Talkschiefer gesellen sich ihm zu.

Der Urthonschiefer besteht oft aus mikroskopischen Krystallen von Feldspath und Hornblende, denen Quarz in Geoden (platten Ellipsoiden) beigemengt ist. Der Quarz ist offenbar zuletzt zwischen die Schieferblätter hineingewachsen, so daß er sie aus einander drängte. Zuweilen ist er zusammengesetzt aus Feldspath, Kalkspath, Quarz und Aphrosiderit; er enthält dann Granat- oder Magneteisen-Krystalle, welche, wie jene Quarzknoten, später zwischen die Schieferung hereinkamen. Wir wissen aus Daubrée's Versuchen, wie solche Krystallisationen in festen Massen durch die Stoffwanderung möglich sind, ohne daß eine Erweichung stattfindet, und können deshalb diesen Thonschiefer sowol als den Glimmerschiefer und Gneus, in denen krystallinischer Quarz, Granaten, Staurolith, Turmalin und andere Mineralien zwischen die Schieferung sich eindrängten, als Produkte der Umwandlung ansehen.

Der Urthonschiefer geht nach oben gewöhnlich in unkrystallinische Schiefergesteine über und nimmt sehr oft so viel kohlensauren Kalk auf, daß er als ein unreiner Kalk erscheint. Häufig bildet aber auch der Kalkstein mächtige Lager in ihm. Solcher Kalkstein ist dicht oder krystallinisch und wird sehr häufig von Braun-

eisensteinlagern begleitet. Quarz und Kieselschiefer gesellen sich dem Thonschiefer in Lagern bei, auch findet sich in den Alpen, namentlich am St. Gotthard, Gyps lagerhaft damit verbunden, so daß wir also alle diejenigen Felsarten hier vertreten finden, welche auch an der Bildung der sedimentären Formationen Antheil nehmen. Noch vollständiger wird die Aehnlichkeit durch das Hinzutreten von Graphitlagern und kohlenstoffhaltigen Schichten, so daß überall die Ansicht, alle diese krystallinischen Schichtengesteine seien im Laufe der Jahrtausende durch innere Umwandlung aus uns unbekannten Sedimenten hervorgegangen, immer mehr Festigkeit gewinnt.

2. Massig abgesonderte Urgesteine.

Syenit, Granit und Granulit setzen für sich allein große Stücke der Erdoberfläche zusammen; sie treten in Verbindung mit den geschichteten Urgesteinen und mit andern jüngern Sedimenten. Namentlich ist der Granit an vielen Orten in ungleichförmiger Lagerung über Thonschiefer der Grauwackenformation, über Trias-, Lias- und Kreidegesteine, ja selbst über Tertiärbildungen ausgebreitet gefunden worden, so daß der ihm früher zugetheilte Charakter als ältester Kern der Erde, als Grundfeste, keine Anerkennung mehr finden kann. Wahrscheinlich sind solche Granite aus der Umwandlung von Obsidian- oder Trachytlaven entstanden; die Erde erzeugt aber zu jeder Zeit solche Laven, sie wird sie sohin auch in den allerfrühesten Tagen zur Oberfläche gesandt haben. In manchen der älteren Schiefer- und Sandsteine der paläozoischen Periode kommen Gerölle von Granit, Syenit und Gneus eben so gut vor, als in den Schichten des Todtliegenden, des Buntsandsteines und der jüngsten Tertiärgesteine; jene ältesten Geschiebe und Rollstücke müssen aber von einem Granitgebirge abstammen, welches älter ist, als der Sandstein und Thonschiefer, an dessen Bildung sie sich betheiligt haben; sie sind sohin Stücke des Urgranites, wenn es bei den in jüngern Sedimenten eingeschlossenen auch noch zweifelhaft bleibt, ob sie den auf die Thonschiefer oder Zechsteine oder andere jüngere Sedimentbildungen folgenden jüngern Graniten angehört haben. Diese Granitarten von verschiedenem Alter besitzen so gleiches Ansehen und so gleiche Zusammensetzung, daß die Annahme, sie möchten durch Umwandlung aus einer und derselben Art Gestein hervorgegangen sein, gerechtfertigt erscheint, nachdem wissenschaftlich erwiesen ist, daß Feldspath, Quarz und Glimmer in der Anordnung, wie sie im Granit vorkommen, in feurigem Flusse nicht neben einander bestehen können, daß sie sich aber durch Stoffwechsel im schon erhärteten Gesteine auszuscheiden und zu gruppiren vermögen.

Auch von den Syeniten gilt das, was eben von den Graniten gesagt worden ist; nur scheinen sie zuweilen aus älteren sedimentären Kalksteinen entstanden zu sein; wenigstens möchten die syenitischen Gesteine der Vogesen, in welchen Daubrée durch Hornblende und Axinit erfüllte Korallen auffand, hierher gerechnet werden dürfen. Anderwärts entstanden Syenite aber auch wol aus pyroxenischen Laven; es muß diese Entstehungsweise wenigstens da vorausgesetzt werden, wo die Felsart als Eruptivgestein erkannt wird.

Alle diese Gesteine quollen beträchtlich auf, als sie schon erhärtet aus dem amorphen Zustande in den krystallinischen übergingen; sie hoben die über ihnen liegenden Schichten auf, schoben sie bei Seite und stürzten sie um, weshalb sie denn auch so oft im Kerne der Gebirgszüge und über umgekippte jüngere Gesteine hergeschoben angetroffen werden.

Granit und Syenit, sowie Granulit und Granit, sind sehr häufig innigst verbunden; sie wechseln lagerweise ab und umschließen sich gegenseitig. Granite und Syenite von verschiedenem Korne, oder solche, in denen ein oder der andere Bestandtheil sehr vorherrscht, sind in einander verwebt; selbst Bruchstücke derjenigen Gesteine, aus denen sie durch Stoffwechsel und Metamorphose hervorgingen, liegen in ihnen umher. Eben so innig vereinigen sie sich mit den geschichteten Urgesteinen, so daß es oft erscheint, als ob sie dieselben gangartig durchdrängen. Granit- und Syenitgänge von Zoll- bis Klafterdicke scheinen nur chemische Aussonderungen aus dem Nebengesteine zu sein.

Die krystallinischen Massengesteine der Urzeit tragen an ihrer Oberfläche sehr oft ausgedehnte Felsenmeere, deren wir schon im ersten Bande gedachten. Ganze Gegenden sind dicht bedeckt von abgewitterten, riesenhaften Trümmerhaufwerken, welche über einander gestürzte, wilde Felspartien bilden; so am Harze, im Fichtelgebirge, im Riesengebirge, im Odenwalde, in Norwegen, Schottland u. s. w. An andern Orten sind diese Gesteine zu Grus und Sand zerfallen und bis in große Tiefen hinein zersetzt. In solchen Schuttpartien liegen dann immer einzelne feste Knollen umher, welche entweder unzerstört geblieben, oder durch spätere Einseihungen wieder aus den Bruchstücken des ursprünglichen Gesteines zusammengekittet sind. Letztere Bildung bezeichnete man durch den Namen regenerirter Granit.



Fig. 132. Der Ludwigsfelsen; Granitblock im Fichtelgebirge.



Fig. 133. Cyklopenfelsen (Basalt) an Siciliens Küste.

3. Eigentliche Eruptivgesteine im Urgesteine.

Die Urschieferformation, wie auch Granit- und Syenitgebirge, finden sich oft durchsetzt von Felsitporphyr, Diorit, Gabbro, Augitfels und Serpentin, auch Melaphyr, Basalt, Dolerit, Phonolith und Trachyt sind keine Seltenheiten darin. Die ersteren eruptiven Gesteine sind offenbar älter als die letzteren, keins von allen hat aber die Hebung oder Metamorphose ihrer krystallinischen Umgebung bewirkt; alle sind eben nur auf Spalten des, durch Aufquellung und Hebung zertrümmerten Gesteines emporgetreten. Je älter diese Eruptivgesteine sind, desto tiefer ist die mit ihnen vorgegangene Umwandlung eingedrungen, desto mehr nähern sie sich dem Granit und Syenit, nur der Serpentin scheint durch Wasseraufnahme aus Gabbro entstanden zu sein. Alle diese auf Spalten vorkommenden Gesteine bilden über der mehr abgewitterten Umgebung steile Kuppen und Kegelformen oft mit wild zerrissenen Gehängen.

4. Lager und Gänge von Erzen und andern Mineralien im Urgebirge.

a. **Untergeordnete Lager.** Sehr häufig sind den krystallinischen Gesteinen Lager und Lagerstöcke untergeordnet, in welchen außer Quarz, Kalkspath, Zeolithen, Granaten, Schörl, Pyroxen u. s. w. verschiedene Erze, als: Gold, Zinnstein, Bleiglanz, Kupferkies, Schwefelkies, Arsenkies, Glanzkobalt, Magneteisen, Rotheisenstein und Brauneisenstein vorkommen. Das Gold ist gewöhnlich in Quarz eingesprengt, und solchen Lagern verdanken manche reiche Goldsande der Quartärperiode ihre Entstehung. Der Zinnstein ist mit Wolfram, Schörl und Molybdänglanz verbunden,

wie in den Lagern des böhmischen Erzgebirges. Schwefelkies, Kupferkies und Bleiglanz kommen in Verbindung mit Pyroxen, Kalkspath, Quarz, Chlorit in zusammenhängenden Lagern oder in Knollen vor, worauf in den Alpen, in Norwegen, in Spanien und anderwärts alter Bergbau betrieben wird. Magneteisen bildet entweder eingesprengt in Krystallen in einem gewissen aphrositeritreichen Schiefer untergeordnete Lager, oder es ist mit Kalkspath und Granaten gemengt in mächtigen Stöcken und Lagern von großer Ausdehnung vorhanden und da, wo es nicht durch Schwefelkies verunreinigt ist, der Gegenstand ergiebigen Bergbaues: in Norwegen, Schweden, im Banate, in Schlesien, Thüringen, Ostindien, Nordamerika und vielen andern Gegenden der alten und neuen Welt. Eisenglanz und Rotheisenstein, letzterer oft als Pseudomorphose nach Kalkspath und anderen Mineralien mit Flußspath, Quarz, Kalkspath u. dgl. sind ebenfalls häufig und dienen oft als Grundlagen ausgedehnter Eisenhüttenwerke. Nicht minder werden Brauneisenstein und Sphärosiderit als Pseudomorphosen nach Kalkstein, namentlich im Urthonschiefer, beobachtet und gewonnen.

Von nutzbaren Gesteinslagern sind die dünnspaltenden Dachschiefer des erzgebirgischen Urthonschiefers, die Topfsteine der Alpen zu nennen, sind die schönen krystallinischen Marmorarten Italiens, Griechenlands und vieler anderer Gegenden anzuführen. Manche Kalksteinlager sind meilenlang und bis 10,000 Fuß dick; sie sind oft von Felsitlagern und zuweilen von Bleiglanz, Zinkblende, Antimon, Silber, Amalgam, Zinnober und sehr vielen schön krystallisirten Silikaten, als Granat, Idokras, Epidot, Asbest, Grammatit, Wollastonit und vielen andern angefüllt. So z. B. die Lager von Sala und mehreren andern Orten Schwedens, auf denen Bergbau besteht. Auch im Erzgebirge und Riesengebirge sind solche wenn auch weniger mächtige Lager bekannt. Die Marmorlager des Odenwaldes enthalten als graufärbenden Bestandtheil fein vertheiltes Schwefeleisen. Außer ihnen kommen Lager von Graphit vielfach im Gneus und Glimmerschiefer Böhmens, Mährens, Bayerns, Englands und selbst des Oden- und Schwarzwaldes vor. Feldspathlager werden hier und da sammt den aus ihnen entstandenen Kaolinlagern zur Porzellanfabrikation ausgebeutet, und endlich ist der Smirgel von Naxos und Spanien, sind die Gypslager des Gotthardgebirges und Serpentin- und Specksteinlager Steiermarks, Oberitaliens und des Voigtlandes der Erwähnung werth, wie auch noch der Edelsteineinschlüsse, namentlich der Sapphir-, Korund-, Topas- und Granat-Gewinnung, welche an mehreren Orten im krystallinischen Schiefergesteine des Urgebirges stattfindet, gedacht werden muß.

b. **Gänge im Urgesteine.** Man hat zwar die Gänge, welche im Urgesteine aufsetzen, als etwas von ihm Unabhängiges ansehen wollen, nach der neuern Auffassung gehören sie jedoch ohne Zweifel als chemische Aussonderungen aus dem Nebengesteine zu ihm und kamen vorzugsweise da zur Entwicklung, wo jene Gesteine durch Hebungen dergestalt zertrümmert worden sind, daß sich einzelne ihrer Bestandtheile auf Spalten ansammeln konnten. Die Gänge der krystallinischen Schiefergesteine besitzen nur ihnen zustehende Eigenthümlichkeiten, welche sie als in bestimmter Weise abhängig von ihrer Umgebung erscheinen lassen.

Vor allem fallen die mächtigen Quarzgänge auf, welche die krystallinischen Urgebirge nach verschiedenen Richtungen, gewöhnlich aber in einer das Hauptstreichen der Schichten des Gneuses, Glimmer-, Grün- oder Thonschiefers nahe rechtwinklig kreuzenden, durchsetzen, und welche ausgewittert, als hocherhabene Mauern, halb versteckt in mächtigen herabgebrochenen Stücken sich meilenweit über Berg und Thal fortziehen.

Solche Quarzgänge sind oft aus abwechselnden, weißen, gelben und röthlichen Lamellen von Kalzedon und Quarz gebildet, woraus hervorgeht, daß ihre Ausfüllung allmälig stattfand; sie enthalten zuweilen Pseudomorphosen von Quarz nach Schwerspath, abermals ein Fingerzeig, daß ihre jetzige Ausfüllung durch Einseihung aus dem Nebengesteine sehr allmälig, und daß auf ihnen ein reger Stoffwechsel stattfand. Dann und wann sind Schörlkrystalle, Granaten und Glimmer in dieselben eingedrungen; gewöhnlich enthalten sie auch Erze, namentlich Kupferglanz und Kupferkies, und deren Zersetzungsprodukte Malachit, Kupferlasur, Kupferroth und gediegen Kupfer, jedoch selten in bauwürdiger Menge. Anderwärts setzen Gänge von Flußspath auf, in welchen zuweilen Silberfahlerze und Bleiglanz einbrechen. Ferner lenken die Silbererzgänge von Fahlun in Schweden, welche ihrer Hauptmasse nach aus Quarz bestehend, nur an solchen Stellen silberreiche Geschicke führen, wo sie die aus Grünschiefer bestehenden mit Gneus abwechselnd gelagerten Sahlbänder kreuzen, die Aufmerksamkeit auf sich. In ihnen kommen dann und wann Silberstücke von mehr als Centnerschwere vor, welche in dendritischer Gestalt den Quarz durchziehen. Die Erzgänge des sächsischen Erzgebirges, welche durch viele Jahrhunderte alten Bergbau bekannt sind, haben je nach der Beschaffenheit des Gesteines, in welchem sie sich befinden, verschiedenen Inhalt. In der einen Abart des Gneuses enthalten sie Braunspath und Silbererze verschiedener Art, in der andern Bleiglanz und Kiese. Die Kupfererzführung dieser Gänge scheint vorzugsweise in der Nähe des Granites vorzukommen. Aber die sämmtlichen Gänge enthalten nur in gewissen, sich der Tiefenerstreckung (dem Fallen) nach wiederholenden Zonen, abbauwerthe Erzmassen. Diese Zonen entsprechen eigenthümlichen, die Gänge unter spitzen Winkeln durchschneidenden Trümmern, wodurch dann die edlen Erzmittel in einer ziemlich gleichbleibenden Weise auf der Erstreckung der Gänge (dem Zufeldesetzen) nach der Tiefe hin geschoben werden. Auch anderwärts bemerkt der Bergmann, daß die Erzarten, welche auf einem und demselben Gange vorkommen, je nach den vom Gange durchschnittenen Nebengesteinen sich ändern, daß gewisse die Gesteine in anderer Richtung kreuzende Klüfte, seien sie leer oder mit Mineralien erfüllt, die Erzführung der Hauptgänge vermehren oder verringern. Von der richtigen Anwendung dieser erkannten Verhältnisse auf den Bergbau darf der beste Erfolg erwartet werden, weshalb das vorurtheilsfreie Studium der zum Theil noch so dunkeln Gangverhältnisse nicht genug empfohlen werden kann.

Kobalt- und Nickelerzgänge setzen in Sachsen, in Steiermark und in den schweizer Alpen in den Urgesteinen auf, ebenso sind Zinnerzgänge wiewol als Seltenheiten, darin bemerkt worden. Schwerspath tritt häufig in mächtigen, aber kurzen Gängen auf; ihn begleiten zuweilen Eisenerze.

5. Allgemeine Lagerungsverhältnisse und Bau der Urgebirgsmassen.

Es wurde schon darauf aufmerksam gemacht, daß Gneus die tiefste Unterlage der Urschieferformation darstellt, daß Grünschiefer oder Glimmerschiefer nach oben mit ihm wechseln, und daß der Urthonschiefer die oberste Abtheilung bildend, allmälig in die Sedimentgesteine verläuft. Wo die alten Schiefergesteine steiles Schichteneinfallen besitzen, erscheinen sehr oft Grünschiefer oder Glimmerschiefer, oder selbst Urthonschiefer als Zwischenlagerung im Gneuse; solche Fälle erklären sich einfach durch das Vorhandensein tiefer schmaler Mulden im ältern Gesteine, welche durch das jüngere ausgefüllt sind. Während der Krystallisation des Gneuses wurden die Muldenränder stark zusammengedrückt, so daß sie nun an der Oberfläche als schmale Bänder erscheinen. Ganz ähnlich hat ein in Gneus umgewandeltes Gestein auf Steinkohlenablagerungen eingewirkt, welche im Elsaß und im Schwarzwalde darin vorkommen; auch sie, welche ohne Zweifel ehemals horizontal ausgebreitet lagen, sind nunmehr in tiefe schmale Falten mit parallel einfallenden Seitenwänden hereingebogen worden.

Wo die Schichten der Urschieferformation flacher geneigt liegen, erkennen wir die Aufeinanderfolge der verschiedenen Felsarten bestimmter; wir können sie in solchen Gegenden auch von Granit, Granulit und Syenit für abgeschnitten und an der Oberfläche ersetzt sehen. Im Allgemeinen werden die krystallinischen Massengesteine für jüngerer Entstehung als die Urschiefergesteine gehalten, wahrscheinlich sind sie aber gleichzeitiger Bildung, nämlich hervorgegangen aus der Metamorphose eines früher dagewesenen Gesteinverbandes. Die Massengesteine müssen jedoch aus einer anders gemischten und abgesonderten Felsart hervorgegangen sein als die geschichteten Urgesteine, oder in ihnen ist die Umwandlung so weit fortgeschritten, daß sich die ursprüngliche Schichtung vermischte. Daher kommt es denn auch, daß der Gneus, da wo er den Granit überlagert, allmälig in letzteren übergeht und in schmalen, nach oben sich ausspitzenden gangartigen Partien von ihm durchsetzt wird oder, wo er an ihn sich anlehnt, mit ihm seitlich verflochten ist. Diejenigen Granitlager, Scheiben und Knoten, welche zwischen Gneus, Grünschiefer und Glimmerschiefer eingebettet liegen, sind ohne Zweifel gleichzeitiger Entstehung mit ihrer Umgebung; sie entsprechen nur einer anders gemischt gewesenen Schicht, welche bei der Umwandlung dann auch eine andere Struktur annahm und andere Nebenbestandtheile in krystallinischer Form entwickelten. Die Kalkstein-, Dolomit- und Marmorlager, welche so reich an krystallinischen Einschlüssen in der Urschieferformation auftreten, entsprechen alten Kalksteinlagern. Sehr oft mögen solche Kalkschichten gänzlich in Granit-, Porphyr- und Syenitpartien übergegangen sein. Die Graphiteinlagerungen der Urschieferformation verdanken ihre Entstehung wahrscheinlich ehemaligen Kohlenflötzen, wenigstens kommen einige in schmalen, nicht sehr tief niedersetzenden Falten im Gneuse, Grünschiefer und Glimmerschiefer vor, ganz so, wie die schon berührten Steinkohlenflötze des Schwarzwaldes.

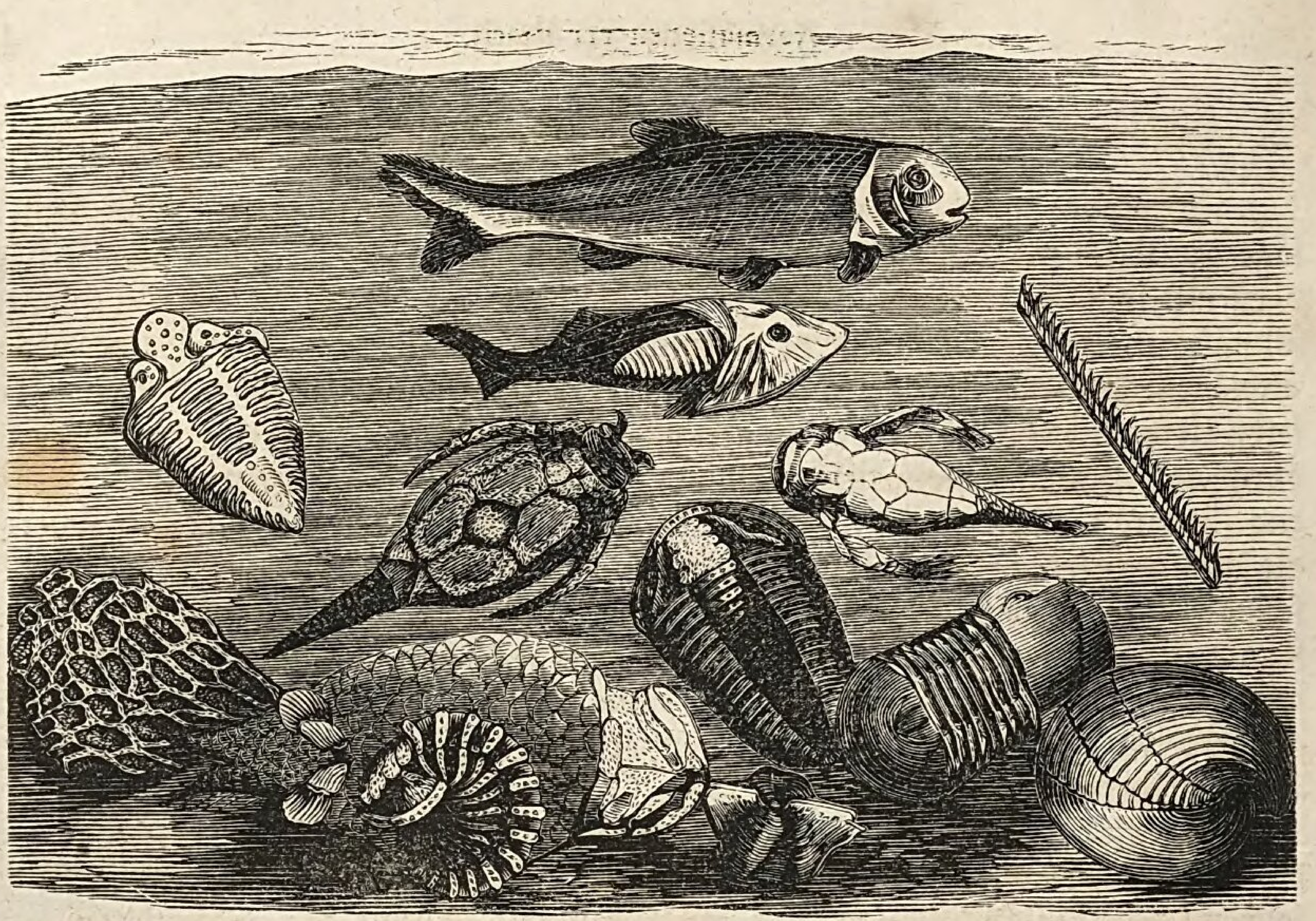


Fig. 134. Fische, Trilobiten, Brachiopoden, Korallen und Graptolithen der paläozoischen Periode.

II. Paläozoische Formationen.

Die geschichteten Gesteine der paläozoischen Formationen bieten einen durch Denkmale aus dem Thier- und Pflanzenreiche bezeichneten historischen Boden. In den älteren und jüngeren Sedimentgesteingruppen finden sich zwischen den, in ihrem Wesen weniger veränderten Absätzen aus Wasser manche krystallinisch gewordene oder umgewandelte Felsarten, die zum Theil noch Versteinerungen enthalten. Diese Schichten sind entweder durch Auswaschungen einzelner Theile gesenkt oder durch krystallinische Entwicklung ihrer Unterlage gehoben, sie sind durchbrochen von eruptiven Gesteinsarten, und es können jedem Zeitabschnitte der Erdentwicklung die zugehörigen metamorphosirten und vulkanischen Gesteine zugetheilt werden.

Wodurch sich die Thier- und Pflanzenformen der ersten Epoche auszeichnen, haben wir S. 23 schon erörtert; wir bemerken hier nur noch, daß ein jeder der vier Abschnitte dieses Zeitalters sich durch eigenthümliche Pflanzen- und Thierarten unterscheidet, während die Gesteine allgemein aus Sandstein, Conglomeraten, Thonschiefer, Kalkstein, zum Theil umgewandelt in Grünschiefer, Serizit- und Chloritschiefer, Diabas, Gneus, Feldstein, Granit und Syenit bestehen. Als vulkanische Massen dieser Periode sind Diorit, Hypersthen, Felsit und Melaphyr anzuführen.

Die Verbreitung der paläozoischen Schichten ist oberflächlich sowol in Europa, namentlich in Rußland, Schweden, Deutschland, Belgien, Frankreich, England, Spanien, Portugal, Italien, als auch in Asien, Kleinasien und China, in Afrika (Kap der guten Hoffnung), in Oceanien, Neuseeland, Vandiemensland, Neuholland und endlich in Nord- und Südamerika bekannt.

A. Silurische Formation.

Die Eigenschaften der Gesteine, welche die Silurformation zusammensetzen, sind je nach den Oertlichkeiten sehr verschieden. An solchen Punkten, wo die Schichten noch wagrecht liegen, wie sie bei ihrem Niederschlage aus dem Wasser entstanden und nur sehr geringfügigen Hebungen unterworfen waren, wie z. B. im nördlichen Rußland, bestehen sie aus Thon, Schieferthon, Sand, Sandstein, Mergel und Kalk; an andern Orten, wo Hebungen und Senkungen des Terrains steile Schichtenaufrichtung veranlaßten und dadurch chemische Einwirkungen erleichternd den Stoffwechsel begünstigten, sind aus dem Thon Thonschiefer, Glimmer- und Chloritschiefer, aus dem Sand fester Sandstein und Quarzfels, aus dem Kalke Marmor, Dolomit, Diabas, selbst Syenit und andere krystallinische Gesteine geworden. Alle diese Massen enthalten aber die Reste der ihrer Entstehungszeit entsprechenden Fauna und Flora.

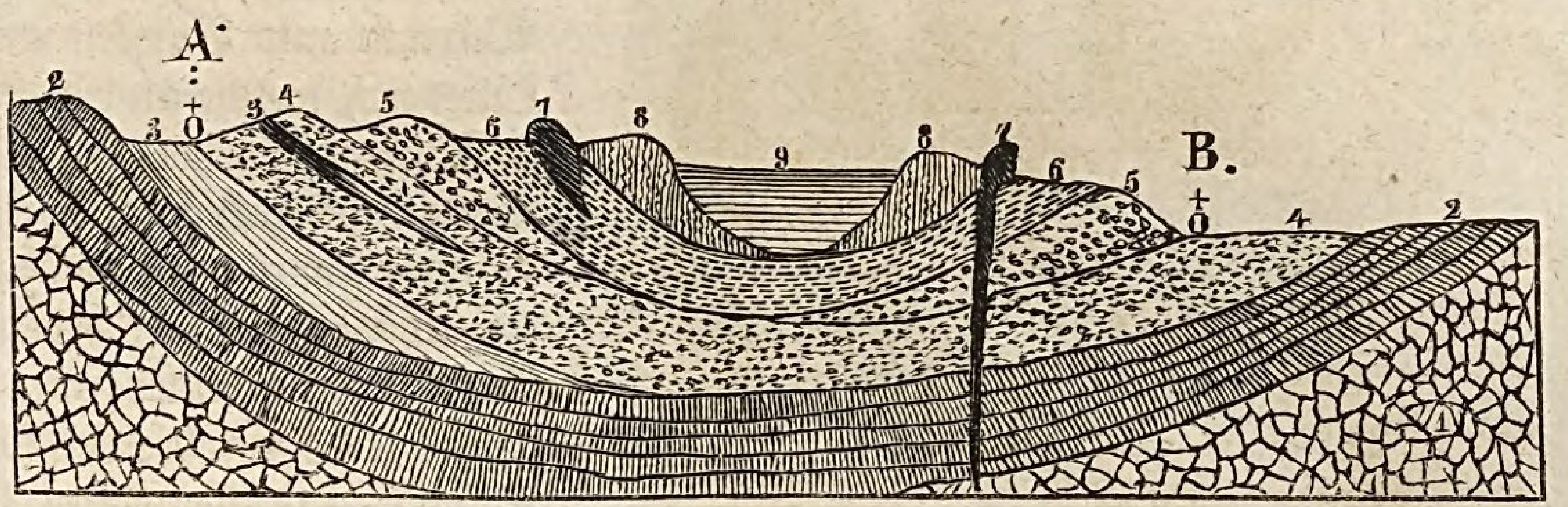


Fig. 135. Böhmische Silurmulde.
A. Skrey. B. Ginetz. 1. Granit; 2. Gneus und Urschiefer; 3. Silurthonschiefer; 4. Quarzit; 5. Conglomerat und Sandstein; 6. Thonschiefer; 7. Diorit und Grünstein; 8. Kalkstein; 9. Thonschiefer.

Wie in den heutigen Meeren das Thierleben von der Tiefe und der Beschaffenheit der Ufer abhängt, so auch in dem ältesten Oceane; es darf daher nicht in Verwunderung setzen, wenn einzelne Schichten arm, andere reich an Versteinerungen sind, wenn an einzelnen Orten einige Thierarten sehr häufig vorkommen, welche an andern fast ganz fehlen oder durch andere abweichende Arten und Gattungen ersetzt werden.

Die Meeresfauna der silurischen Epoche wird durch so eigenthümliche Arten gebildet, daß sie sich überall leicht erkennen läßt, es ist sogar selbst zwischen den, die untern und obern Schichten der Formation einnehmenden Thierarten ein so großer Unterschied bemerklich, daß eine Theilung des Gesteinverbandes in zwei Gruppen, in Unter- und Obersilurisch, gerechtfertigt erscheint. Wir werden jedoch diese Eintheilung nicht durchführen, sondern uns begnügen, auf deren Bestehen hingewiesen zu haben, da uns der Raum nicht gestattet, in eine Schilderung aller Einzelnheiten der Formationen einzugehen. Aus demselben Grunde können wir nur eine ganz kurze Aufzählung der wichtigsten Thier- und Pflanzenformen jeder Epoche geben und beginnen bei der Silurformation mit den Thieren.

a. Thiere.

Wirbelthiere. Von Wirbelthieren kennt man aus der Silurformation bis jetzt nur Fische, welche in der obern Abtheilung derselben an einigen Orten aufgefunden wurden. Es sind Placoiden oder mit Schmelz=Platten bedeckte Fische, wie die Haie und Ganoiden, oder Eckschuppen, von denen es in unsern Tagen nur wenige Arten giebt. Beide Formen sind von kleiner Körpergestalt, was um so mehr auffällt, als die Placoiden unserer heutigen Meere meistens große Thiere sind und zu ihnen die größten Fische gehören.

Gliederthiere. Von Gliederwürmern oder Anneliden finden sich schon mehrere Gattungen und zwar in zahlreichen Exemplaren. Namentlich sind Serpuliten, Cornuliten und Nereïten häufig. Von Nereïtes cambriensis geben wir eine Abbildung in Fig. 136. Die Nereïten sind gegliederte Würmer mit Borsten an den Gliedern, welche an den Küsten zu Tausenden neben einander im Schlamme stecken. So kamen sie auch schon, nur von größerem Körperumfange, in den ältesten Meeren vor; Fig. 136 stellt den Ueberrest eines solchen Thieres in verkleinertem Maßstabe dar, wie es sich häufig in der Grauwacke des Thüringer Waldes, bei Greiz, findet.

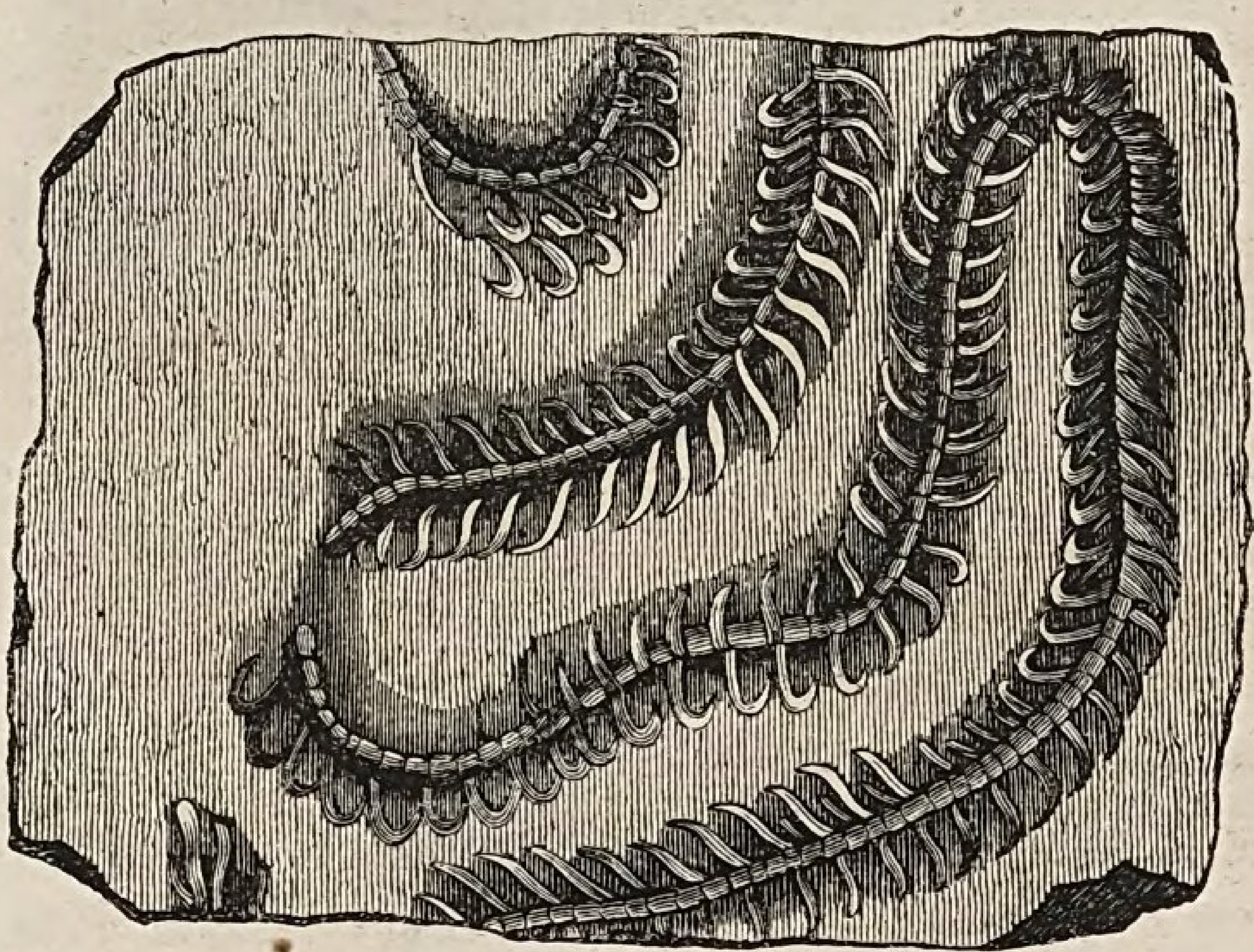


Fig. 136. Nereïtes cambriensis.

Unter den Crustaceen zeichnen sich die Trilobiten aus, welche in der Silurformation in achtzehn Geschlechtern und mehreren hundert Arten vorkommen, und kaum durch die devonische Formation in die Steinkohlenperiode hereinreichen. Diese Thiere erinnern an Krebse und Asseln; sie sind der Länge und Breite nach in drei Theile abgetheilt, so daß nach der Länge Kopf, Rumpf und Schwanz, nach der Breite durch Furchen die breiteren Seitenstücke von dem Mittelstücke, der Rhachis, gesondert sind.

Der Kopf wird von einem dicken Schilde bedeckt, der sich an der Lippe umbiegt. Die Rhachis setzt im Kopfe als eine durch Furchen in mehrere Stücke abgetheilte Erhöhung fort und heißt hier Glabella oder Glatze. Auf beiden Seiten stehen die, aus sehr vielen einzelnen im Quincunx gestellten Aeuglein zusammengesetzten Augen. Jedes der Aeuglein hatte seinen Glaskörper und seine Linse, alle waren durch eine gemeinschaftliche an das Kopfschild festgewachsene Hornhaut gedeckt. Zuweilen stehen die Augen auf langen Stielen hoch über dem Kopfe erhaben.

Der Kopf ist durch Nähte der Länge und Quere nach in das Mittel= und die beiden Wangenschilder zerfällt, eine Theilung, die bei keinem andern Gliederthier vorkommt.

Der Rumpf zerfällt in eine größere oder geringere Anzahl von Gliedern, wornach sich die Familien und Arten der Trilobiten eintheilen lassen. Jedes Glied hat an der hohlen Rhachis zwei Rippen, deren Höhlungen jedoch nicht nach der Rhachis geöffnet waren. An diesen Rippen oder Seiten (Pleura) hingen bei den meisten noch häutige Flossen, von denen aber nur selten etwas erhalten geblieben ist. Der Schwanz besteht aus einem ungetheilten, aus mehreren Gliedern fest verwachsenen Schilde. Die Thiere konnten sich zu einer Kugel aufrollen wie die Kellerasseln. Kopf, Rumpf und Schwanz sind öfters von feinen Körnchen bedeckt und mit langen Stacheln ausgerüstet. Der Schild war dick und unter ihm lagen in den Höhlungen die Weichtheile des Thieres. Burmeister glaubt, daß diese Thiere ihre Nahrung mit dem Schilde nach unten schwimmend an der Oberfläche des Wassers gesucht und gefunden haben, wie die heutigen Blattfüßer oder Phyllopoden.


Fig. 137. C. Blumenbachi.

Unsere Vignetten Fig. 137 bis 141 bilden verschiedene der verbreitetsten Arten ab.

Fig. 137. Die Calymene Blumenbachi von oben gesehen, welche dreizehn Glieder im Rumpfe hat und in den mittleren Schichten der Silurformation sehr verbreitet ist.


Fig. 138. A. Buchi.

Fig. 138. Asaphus Buchi mit acht Gliedern, Fig. 141 Asaphus Kowalewski (s. umstehend), aufgerollt, von der Seite, die Augen stehen auf langen Stielen.

Fig. 139. Asaphus tuberculatus, dessen Rumpf eine unbestimmte, zwischen 24 und 18 schwankende Anzahl Glieder hat.

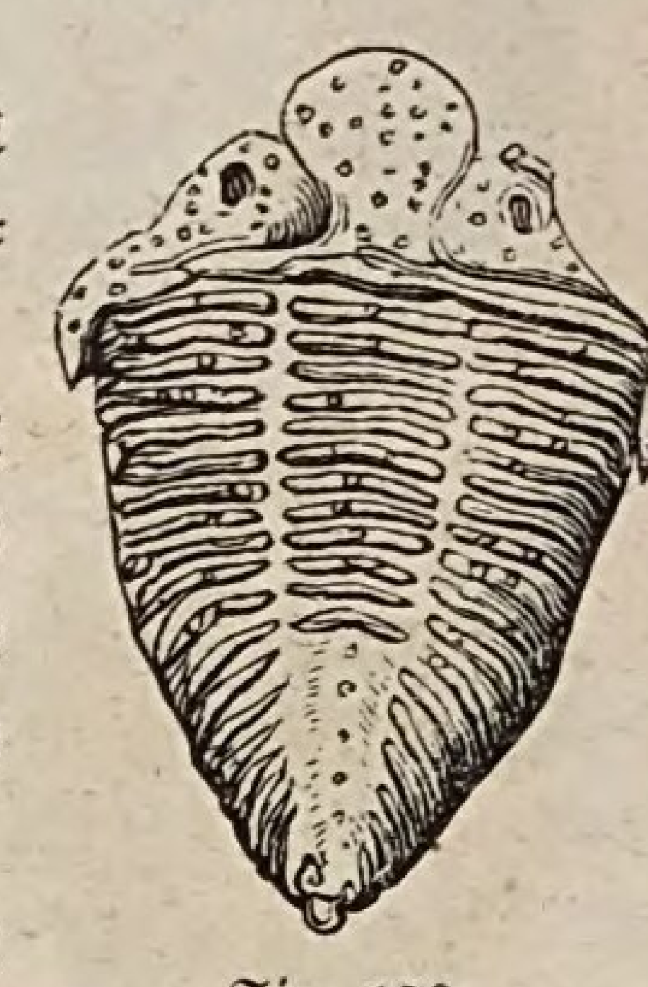

Fig. 139. A. tuberculatus.

Fig. 140. Die Ogygia Guettardi (s. umstehend) hat am Kopfschilde zwei lange nach hinten gerichtete Stacheln, acht Rumpfglieder und einen aus acht Stücken verwachsenen Schwanz.

In der Größe sind die Trilobiten sehr verschieden; es giebt solche, welche kaum 3 Linien lang sind andere haben mehr als Fußlänge. Ihre Reste bilden, dicht an einander gedrängt, ganze Gebirgslager, woraus sich auf ihre ungeheuere Anzahl in den flachen Küstenbassins der silurischen Meere schließen läßt.

Auch Büschelfüßer, namentlich Cytherinen, kleine, mit zwei Schalen wie Muscheln ausgestattete Krebse, finden sich schon im Silurgesteine.

Mollusken. Unter den Weichthieren zeichnen sich die Cephalopoden oder Kopffüßler aus, welche in Formen, die nur bis zu dem Beginne der mesozoischen Periode aushalten, vorkommen. Es sind besonders Orthoceratiten oder Gradhörner, welche sich in großer Anzahl und vielen Arten vorfinden. Die Cephalopoden der

Urmeere entsprechen den Tintenfischen und Nautilusarten unserer Meere. Sie lebten wahrscheinlich wie letztere gesellig, woher sich dann die an einzelnen Punkten angehäufte ungeheure Menge ihrer Reste erklären ließe. Die Orthoceratitengehäuse, von denen in Fig. 142 eine Art abgebildet ist, bestanden aus einer sehr dünnwandigen konischen Röhre von kreisrundem, oder elliptischem, oder fast dreieckigem Querschnitte, welche im Innern durch Scheidewände von der Form eines, in der Mitte oder dem Rande näher, durchbohrten Uhrglases in verschiedene Kammern getheilt war. In der Fig. 142 wird eine solche Scheidewand von oben gesehen alleinstehend dargestellt, sie hat das Loch in der Mitte. Das Loch ist am Unterende von einer kurzen Röhre umgeben, worin ein Nervenstrang (Sypho) steckte, welcher das in der obersten, oben offenen Kammer wohnende Thier mit dem Gehäuse verband. Der obere Theil des Gehäuses in unserer Figur ist mit der verzierten Außenschale versehen, der untere Theil ist bloßer Steinkern, in welchem die einzelnen Kammerscheidewände hervortreten. Die Orthoceratiten warfen wahrscheinlich nach einer gewissen Zeit ihre untersten (jugendlichen) Wohnkammern ab. Es giebt Orthoceratiten von Stricknadel= bis Armsdicke, von wenigen Zoll bis 12 Fuß Länge.

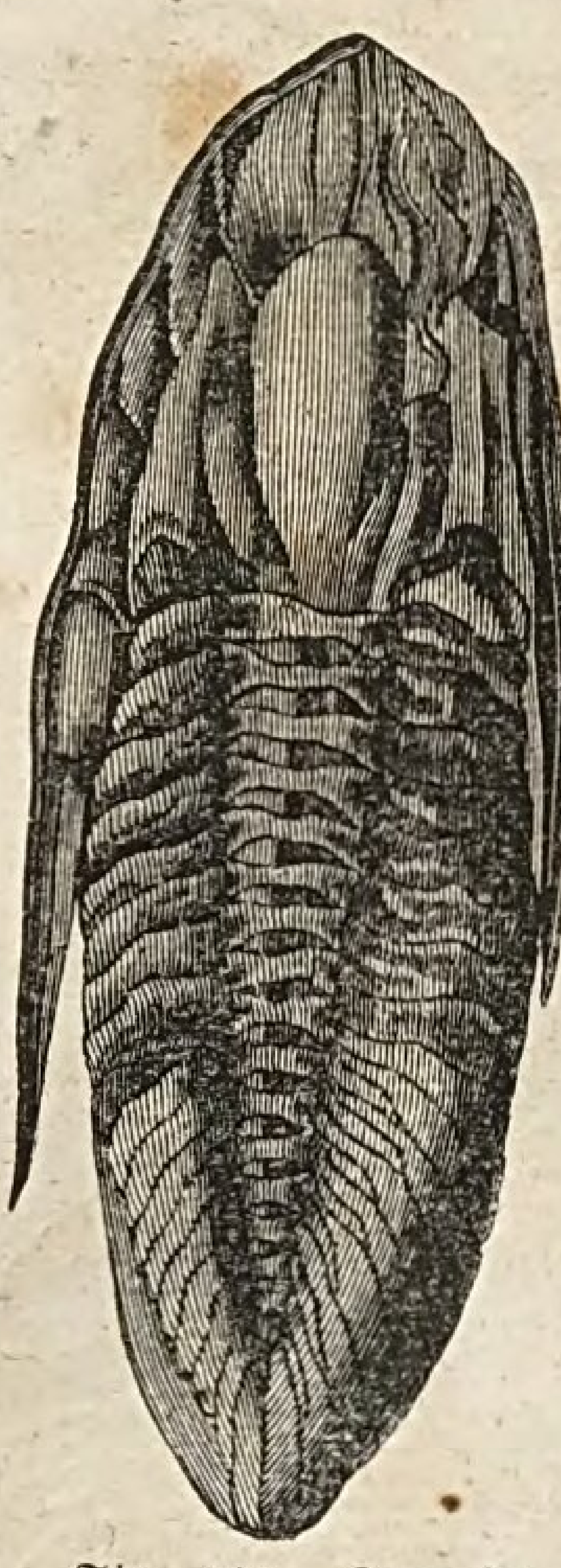


Fig. 140. Ogygia Guettardi.

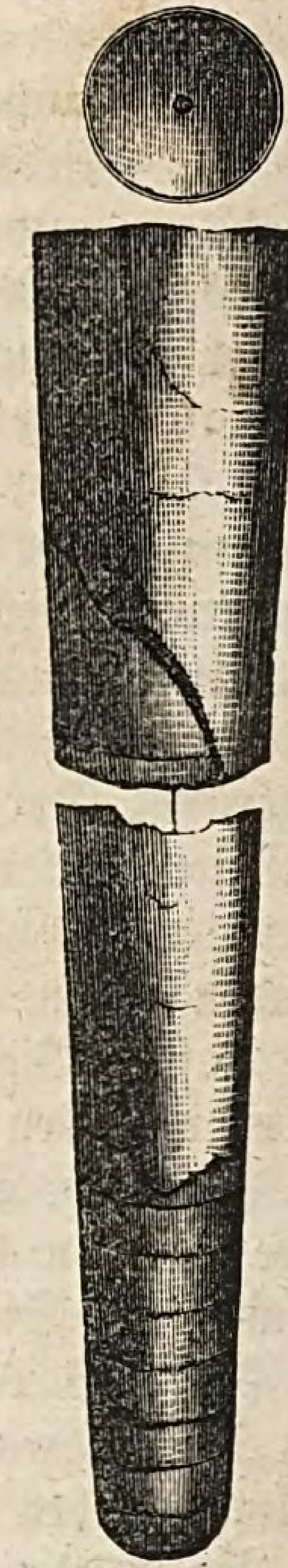


Fig. 142. Orthoceratites.

Die Gehäuse der als Bewohner der Hochsee bekannten Pteropoden, Flossenfüßer, finden sich in den Silurgesteinen als kleine Röhren von Creseïs, Tentaculiten und Conularien. Diese Thierchen steckten in kurzen spitzen, unten geschlossenen Röhrchen und bedienten sich ihrer beiderseits neben dem Kopfe sitzenden flossenförmigen Bewegungsorgane, wenn sie mit Beginn der Nacht aus den Tiefen emporstiegen, oder mit Tagesanbruch sich wieder hinab begaben, denn sie waren nächtliche Thiere.

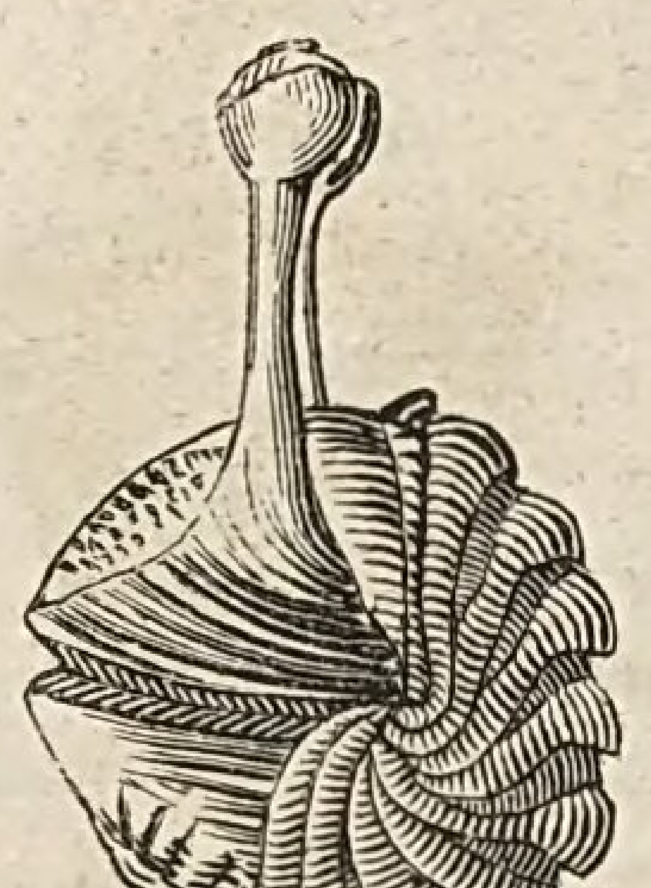


Fig. 141. Asaphus Kowalewski.



Fig. 143. Lingula Lewisi.

Unter den eigentlichen Schnecken (Gasteropoden) kommen Formen vor, welche sehr an solche erinnern, wie sie sich auch heute noch in den Meeren finden;

es sind namentlich: Natica, Buccinum, Euomphalus und Pleurotomaria-Arten, neben letzteren auch eine sehr dickschalige aufgerollte Schnecke, welche mit dem Namen Bellerophon bezeichnet wird.

Von Brachiopoden oder Armfüßlern wimmelt das Silurische; sie sind unter den Mollusken die wichtigsten und zahlreichsten Formen. Die Brachiopoden sind Muscheln, welche zwei ungleich große Klappen besitzen, von denen jede aber durch eine Mittellinie in zwei vollkommen gleiche Hälften getheilt werden

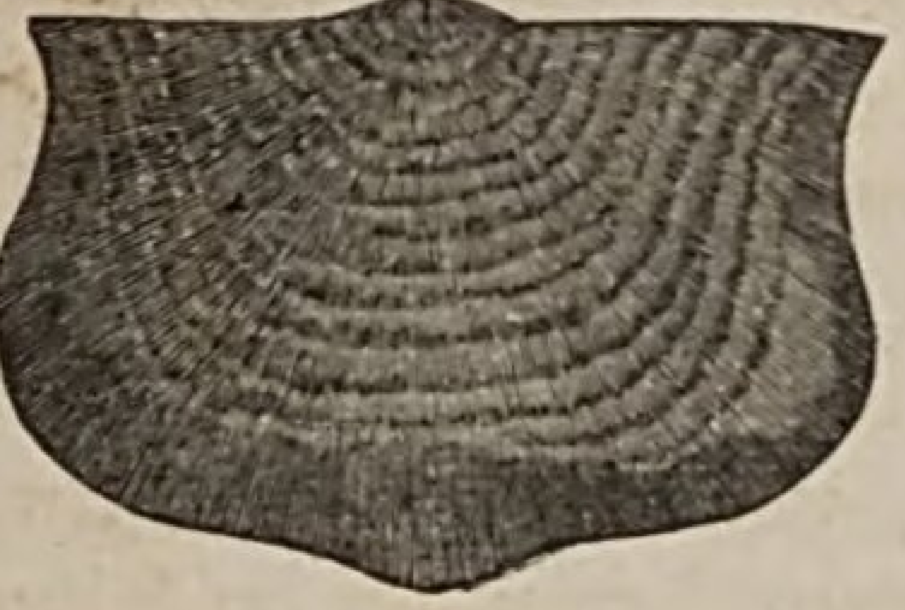


Fig. 144. Leptaena depressa.



Fig. 145. Spirifer speciosus.

kann. Die eine Klappe hat an ihrem schnabelartigen Schloßende eine dreieckige oder runde Oeffnung, durch welche ein fleischiger Stiel gesteckt wird, womit sich das Thier an Felsen oder am Meeresboden festhält, während es bei geklafften Schalen mit seinen in Spiralen aufrollbaren beiden Fangarmen nach Raub hascht.

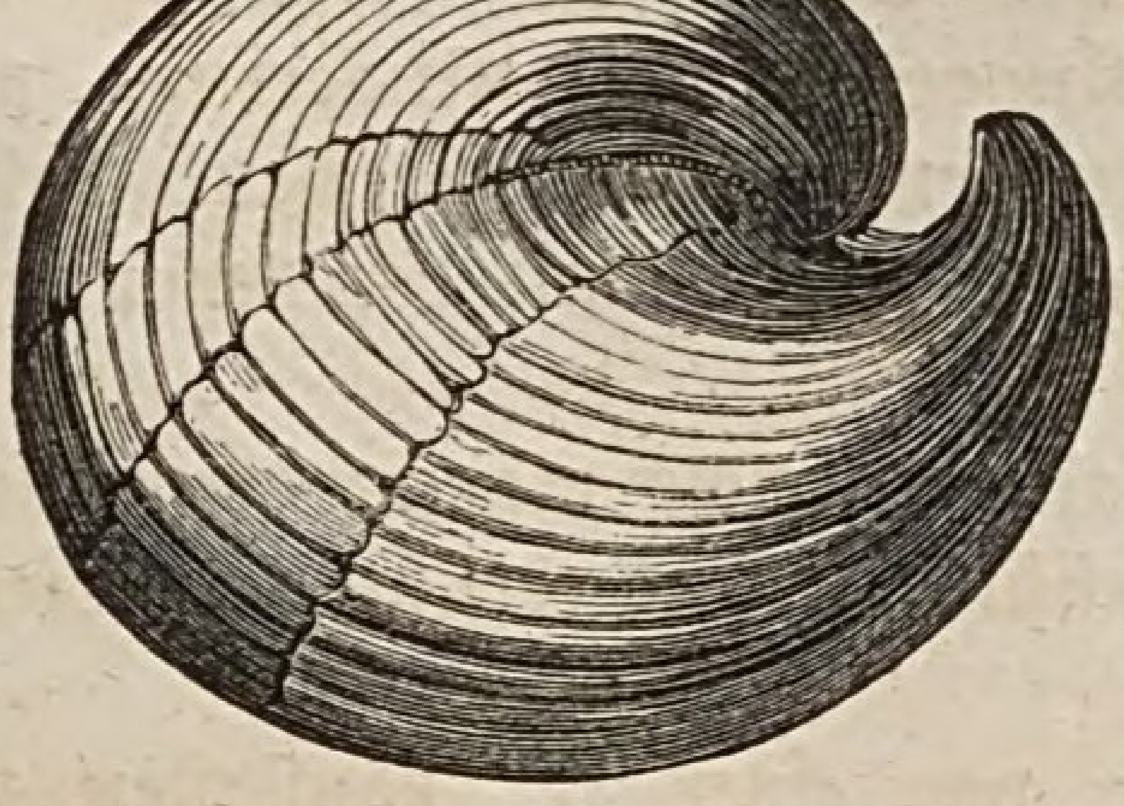


Fig. 146. Pentamerus Knightii.

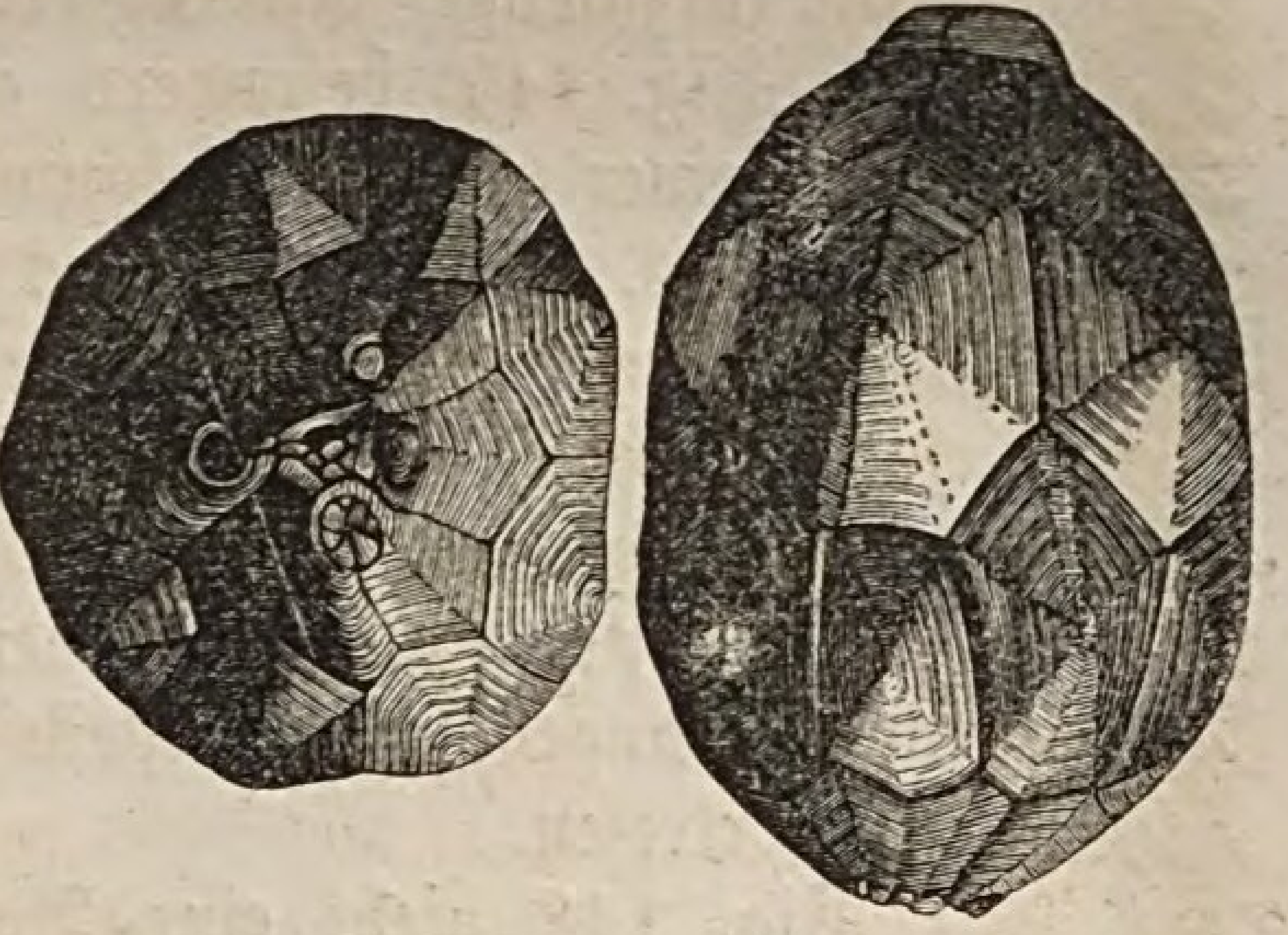


Fig. 147. Hemicosmites pyriformis.

Die Schalen sind entweder von horniger oder kalkiger Substanz und bestehen aus schräg gegen ihre Oberfläche gestellten Kalkprismen, zwischen denen nach außen sich erweiternde trompetenförmige Löcher bleiben. Dieser bei den fossilen Arten genau zu ermittelnde Schalenbau unterscheidet die Brachiopoden von allen andern Conchiferen. Fig. 143 stellt Lingula dar, diejenige Form, welche sich in den tiefsten Silurschichten sehr häufig findet, und welche der Entenmuschel unserer Meere ähnlich sieht.

Fig. 144 giebt ein Bild von der Familie der Leptänen, der sehr platte dünne, fast viereckige, feingestreifte Muscheln angehören.

Die Fig. 146 bildet einen Pentamerus ab, dessen Schalen stark gewölbt sind und starke Anwachsstreifen wahrnehmen lassen, welche die Längsfalten durchkreuzen. In dem Schilde zwischen dem Schnabel der größern und kleinern Klappe ist ein länglich ovales Loch.



Fig. 148. Catenipora escharoides.

In Fig. 145 wird ein Bild der äußern Schale von Spirifer gegeben, dessen innerer Bau später entwickelt werden soll. Das Loch, durch welches diese Gattung ihre Arme streckt, ist dreieckig und befindet sich ebenfalls im Schilde unter dem Schnabel der größern Klappe.

Außer den eben benannten kommen noch Obolus, Orbicula, Terebratula, Chonetes, Orthis und Productus in vielen Arten vor.

Auch Conchiferen, zweiklappige Muscheln mit unsymmetrischen Schalenklappen, finden sich im Silurgesteine, namentlich sind Pterinea planulata, Cardiola und Avicula-Arten sehr verbreitet.

Strahlthiere. Die Strahlthiere der ältesten Meere sind, wie schon weiter oben erwähnt worden ist, durch Festigkeit ihres Körperbaues von den spätern unterschieden, die Criniten oder Haarsterne dieser Zeit sind kurzstielige, fast kugelrunde stark gepanzerte Formen, unter denen die Gattungen Echinosphaerites, eine mit sechseckigen Platten gedeckte kurzstielige, fast kugelrunde Seelilie, und Hemicosmites pyriformis Fig. 147 besonders auffallen. In letzterer Figur bezeichnet der in einer Spitze zusammenlaufende Stern die Fangarme des Haarsternes. Die Geschlechter Actinocrinus, Cyathocrinus und Rhodocrinus, von denen wir weiter unten noch sprechen, haben diese Schichten, wiewol in abweichenden Arten, mit der devonischen Schichtenfolge gemeinschaftlich.



Fig. 149. Graptolithus.

Polypen, auch riffbauende Korallen, welche manche der Silurformation angehörige Kalksteinfelsen aufführten, sind ebenfalls in vielen Arten vertreten.

Fig. 148 giebt eine Vorstellung von einer der häufigsten der Silurformation eigenthümlichen Arten, der Catenipora (labyrinthica), einer Kettenkoralle. Die Thierchen saßen in den Oeffnungen (Poren), welche in den im Innern zelligen Scheidewänden zwischen den größern Löchern bemerkbar sind. Sie bauten ihr Werk nach oben fort, während sich die größern Oeffnungen mit Kalkschlamm erfüllten.

Cyathophyllen, Stromatoporen und Fenestellen kommen sehr häufig vor. Sehr interessant sind die Graptolithen, welche der Silurformation ganz allein zugehören und in vielen Arten zu Millionen vereinigt im Schlamm, aus denen der Thon- und Kieselschiefer ward, gesteckt haben müssen.

Fig. 149 stellt die Vergrößerung eines Graptolithenstückes dar. In jeder der an einem gemeinschaftlichen Stiel ansitzenden Zellen wohnte ein Thierchen. Es giebt Graptolithen, die wie eine Stimmgabel aus zwei unten vereinigten Stielen bestehen, bei andern sitzen die Zellen an beiden Seiten der Säule, so daß die Form der Fahne einer Feder gleicht, wieder bei andern ist die Säule in einer Spirale wie eine Uhrfeder aufgerollt.

Man hat die Graptolithen mit den Seefedern unserer Meere verglichen. Auch Infusorien fand Ehrenberg in den Gesteinen der Silurformation vor.

Bemerkenswerth ist es, daß die Versteinerungen der Silurformation aus den entlegensten Fundorten im Allgemeinen einen und denselben Hauptcharakter tragen. Wenn auch einzelne Arten bestimmten Oertlichkeiten eigenthümlich sind, so weichen doch die Thierformen der den Polen nahen Silurschichten weit weniger von den in der Tropenzone zu Tage tretenden ab, als wir dies in unsern heutigen Meeren wahrnehmen. Man schloß daraus, daß zu jener Zeit die ganze Erdoberfläche ein gleichmäßigeres Klima gehabt habe als heute. Durch Vergleichung der silurischen Thierklassen mit jetzt lebenden hat sich die Ansicht festgestellt, daß die Temperatur jener alten Meere zwischen 0 und 30° des Réaumur'schen Thermometers geschwankt haben könne, jedenfalls 30° nicht überschritten habe, weil im andern Falle kein solches Thierleben sich hätte entwickeln können.

b. Pflanzen.

Die Flora der Silurformation ist noch sehr wenig untersucht. Allerdings enthalten diese Schichten an verschiedenen Orten Steinkohlen- oder Anthrazitflötze, welche aus Landpflanzen gebildet sind; z. B. einige Kohlenflötze des südlichen Frankreich (Saint Sauveur), die zwischen Graptolithenschichten abgelagerten schwachen Steinkohlen Südschottlands, Irlands und Portugals; aber die bis jetzt aufgefundenen Pflanzen sind so schlecht erhalten, daß sie nur hier und da als Stammreste von Coniferen erkannt werden konnten. Häufiger sind Meerpflanzen, namentlich Fucusarten, gefunden worden, welche im Sand und Thon eingelagert vorkommen.

Aus der Silurformation kennt man:

Landpflanzen	mehrere	Arten
Fucusarten	5—6	"
Infusorien	mehrere	"
Schwämme	14	"
Korallen	160	"
Haarsterne	70	"
Brachiopoden	300	"
Conchiferen	80	"
Pteropoden	10	"
Gasteropoden	150	"
Cephalopoden	130	"
Gliederwürmer	10	"
Trilobiten	450	"
Fische	7	"

Wir gehen nun zur Lagerungsbeschreibung der Silurformation über und wiederholen, daß jede Gegend ihre eigenthümlichen Gesteine hat, je nachdem der Boden der Festländer zusammengesetzt war, an deren Küsten die Absätze erfolgten.

1. Sedimentäre Gesteine der Silurformation.

In Rußland, Schweden und Norwegen liegen die Schichten der untern Abtheilung dieser Formation fast wagrecht auf Gneus und Granit, aus deren Zerfallen sie ihr Baumaterial nahmen, so daß sie in ihren tiefsten Lagen Rollstücke davon einhüllen. Sie bestehen allgemein aus abwechselnden Bänken von Sand, Geröll, Sandstein, Thon, Schieferthon, Mergel und bituminösem oder Grünerde haltigem Kalk, worin Fucoiden, Korallen, Criniten, Brachiopoden, Orthoceratiten und zahllose Trilobiten mit wohlerhaltenen Schalen vorkommen. Das Gestein sieht dem ganz junger Formationen gleich und ist fast unverändert. Wo es, wie am Ural und in Norwegen, durch Hebung in eine stark geneigte Schichtenlage versetzt ist, ward der Sandstein zu Quarzit, der Thon zu Thon- und Chloritschiefer.

In Nordamerika bedeckt die Silurformation mehr als 70,000 Quadratmeilen Fläche (15 Breite- und 30 Längengrade) in fast horizontaler Schichtung; sie besteht aus zwei großen Gruppen. In der untern folgen sich einerseits feinkörnige Quarzsandsteine mit Lingula, kalkige Sandsteine, Oolithe, blau und schwarze Kalksteine mit großen Orthoceratiten und Trilobiten, Graptolithen und Fucoidenschiefern, andererseits besteht die ganze Abtheilung nur aus sehr mächtigen Kalksteinlagern. Diese Schichten enthalten 30 Thierarten mit den der europäischen Silurformation übereinstimmend, viele andere sind ähnlich, die übrigen weichen jedoch ab und sind Amerika eigenthümlich. Die obere Abtheilung ist aus Conglomeraten, Sandsteinen, Schieferthonen, Mergeln und Kalksteinen zusammengesetzt, in denen oolithische Eisenerze, reiche Bleiglanz-, Gyps- und Steinsalzlager vorkommen. Auch diese Gruppe, welche ungemein reich an Thierresten ist, hat einige Arten mit den in Europa vorliegenden obern Silurschichten gemeinschaftlich; die meisten sind ihr aber eigenthümlich.

In England, Schottland und Irland bestehen die Silurschichten, welche auf Gneus und Urthonschiefer ruhen, in der untern Lage aus Conglomeraten und Sandsteinen, in der obern aus Thonschiefer und Kalkstein, wobei Korallenkalk sich durch besonderen Reichthum an Versteinerungen auszeichnet. Die Formation soll dort eine Mächtigkeit von 10,000 Fuß erreichen; in Schottland sind ihr Eruptivgesteine, namentlich Porphyre und Grünsteine, und mancherlei metamorphosirte Gesteine zugefügt.

In Spanien, Portugal, Frankreich, in den Alpen besteht dieses alte Sedimentgestein meistens aus Sandstein, Thon- und Kieselschiefer. Es enthält an vielen Punkten Eisenerze und ist in Spanien das Muttergestein der Almadener Quecksilbererze.

In Deutschland kennen wir die Silurformation in wenigen schwachen Schichten am Harze, im Voigtlande und Fichtelgebirge, am entwickeltsten in Böhmen.

Von letzterem Orte stellt unsere Fig. 135 einen idealen Durchschnitt dar, aus welchem sich folgende Lagerung ergiebt.

Auf dem Granit und Gneuse 1 liegen beiderseits krystallinische versteinerungsleere Urschiefer 2, welchen die Schichten der untern Silurformation folgen.

3 und 4 sind abwechselnde Thonschiefer und Quarzitlager, worin eine dieser Gegend eigenthümliche, sonst nirgends bekannte Fauna von vielen Trilobiten und einer einzigen Orthisart vorkommt. Die Versteinerungen liegen meistens in Kugeln von schaliger Struktur und sind nicht häufig.

Die Zone 5, 6 besteht aus verschiedenen Schiefern und Quarziten mit wenigen schwachen Kalklagern, worin eine sehr zahlreiche Thierwelt begraben liegt. Diese Abtheilung lieferte bis jetzt 60 Trilobitenarten, sehr wenige Orthoceratiten, 4 bis 5 Gasteropodenarten, einige Pteropoden, 15 bis 20 Arten Brachiopoden, Conchiferen nur wenige Arten, aber becherförmige Cyathophyllen und Cystiphyllen in stärkern Bänken, sehr häufig und verbreitet.

Die obere Gruppe der Formation besteht aus Kalkstein 8, welchem zuletzt ein Schiefer 9 aufliegt. Unter dem Kalke der obern Gruppe liegt ein Grünsteingürtel, welcher in unserer Vignette mit 7, bezeichnet ist. In dem untersten Kalkgebiete fanden sich:

76 Trilobitenarten.
100 Orthoceratitenarten.
120 andere wenig gebogene Cephalopoden.
2 Nautilusarten.
64 Brachiopoden, wovon fast die Hälfte Terebratulaarten.
80 Gasteropodenarten.
80 Conchiferenarten.
3 Pteropodenarten als Pugiunculus und Conularien, keine Creseïs.
20 Graptolithenarten.
8 Korallenarten.
6 Crinitenarten.
Fucus und andere Meerwasserpflanzen.

Die darauf folgende Kalkschicht ist ärmer an Thierarten, sie enthält aber doch noch 74 Trilobiten, 8 Cytherinen, 29 Cephalopoden, wobei 4 Goniatiten und 4 Nautiliten, 107 Brachiopoden, worunter 48 Terebrateln und 22 Spiriferen, 10—15 Arten Gasteropoden und mehrere Conchiferenarten, viele Korallen und die ersten Tentaculiten und Creseïs. In der obersten Kalkschicht, welche sich mehr und mehr mit Schieferthon mengt, kommen nur sparsame Thierreste vor; sie lieferte 40 Trilobiten, 10 Cephalopoden, 2—3 Gasteropoden, einige Conchiferen, wenige Brachiopoden, Criniten nur in Bruchstücken, nur eine Koralle (Turbinolia) und zerstreute Tentaculiten oder Creseïs.

Die obersten Schiefer weisen nur 3 Trilobiten, 3 Cephalopoden, 2 Brachiopoden, eine Conchifere und Spuren von Gasteropoden, dagegen häufige gut erhaltene Pteropoden von 2 Arten auf. Die Anordnung der Thierreste in diesem mächtigen Gesteinsverbande erinnert an die Vertheilung der lebendigen Geschöpfe an den Küsten des Meeres.

Das böhmische Silurgestein ist in einem 20 Meilen langen, 4 bis 10 Meilen breiten, im Granit und Urschiefer vorhandenen Meeresbecken abgelagert worden. Das Thierleben fand nur an den Küsten statt; da sich aber das Bassin allmälig ausfüllte, so verbreitete es sich mit der Zeit bis in dessen Mitte.

In den am Rande rundum anstehenden Schichten kommen einige Trilobiten=

arten, einige Cystiphyllen und eine Orthis vor; tiefer im Bassin, in der Quarzit- und Schieferschicht, mehren sich die Arten und Familien immer mehr. Orthoceratiten sind sparsam vorhanden, dagegen herrschen Trilobiten und Cystiphyllen vor; es finden sich überall Pflanzen (Fucusarten), ein Zeichen, daß auch hier das Meer noch nicht sehr tief war. Es stellen sich jedoch schon neben Conchiferen und Gasteropoden mehrere tieferes Meer liebende Brachiopoden und Pteropoden ein, namentlich in den mehr nach der Tiefe des Bassins hin liegenden, die Quarzite bedeckenden Thonschiefern.

Im Kalkstein der obern Abtheilung, welcher eine aus Korallen und Haarsternen zusammengesetzte Masse ist, liegen die meisten Cephalopoden und Brachiopoden, auch viele Trilobiten und Cytherinen, welche sich der Nahrung wegen gern an Korallenfelsen aufhalten. In den mehr nach der Tiefe des Bassins liegenden Kalkschichten herrschen Brachiopoden vor, und in noch größerer Tiefe im Innersten des Beckens erstirbt fast alles Thierleben, weil das Meer daselbst zu tief war. Es finden sich hier nur die Hochseethiere, die Creseïs- und Tentaculitenarten.

2. Eruptive Gesteine der Silurformation.

Die ältesten Laven, deren Alter sich vergleichsweise feststellen läßt, sind die im Silurgesteine als Gangausfüllungen und damit zusammenhängenden über die Schichten der Sedimente hin ausgebreiteten Platten von Diorit, Diabas, Hypersthengestein und Felsit. Dioritgänge von 5—100 Fuß Stärke durchsetzen die Quarzgesteine und Thonschiefer der böhmischen Silurformation; sie bilden nebst Diabas zwischen die Schichten der Sand- und Kalksteine eingebettete Lager und wechseln mit Graptolithenschichten mehrmals ab.

In Schottland und England liegen Felsitporphyre (sogenannte quarzführende Porphyre) als Gänge und ebenfalls zwischen die Gesteinschichten eingefügte Lagen, als eigentliche Lavaströme, vor; es besteht also kein Zweifel, daß diese Diorite und Felsite während der Ablagerung dieser Sedimente als Lavaströme an der Oberfläche flossen und sie bedeckten. Die Ansicht, welche jene lagerhaften Diorite als eingespritzte Lava ansieht, ist sehr unwahrscheinlich. Wie sollte sich ein solcher nur 5—10 Fuß dicker Lavateig, viele hundert Fuß dicke Felsmassen aufhebend, zwischen die Schichtenblätter zusammenhängend auf Meilen langen und breiten Flächen eingedrängt haben?

Die Hypersthenite sind gewöhnlich mit Serpentinen vergesellschaftet und treten ebenfalls gangartig und in übergeflossenen Lagern oder Lavaströmen auf. Sie sind in Schottland, in Böhmen und im Ural beobachtet worden.

Besonders bemerkenswerth ist es, daß die Silurgesteine da, wo sie mehr horizontal liegen, von eruptiven Felsarten entweder gar nicht, oder doch nur in der Weise berührt werden, daß sie, wie in Norwegen, von einer horizontalen Lavadecke bedeckt sind. Wo dagegen durch Hebung der Unterlage Spalten in dem Sedimente entstanden, da drangen alsbald Laven, seien es nun pyroxenische oder obsidianische (Diorit oder Felsit), hervor und mischten sich mit den Wasserabsätzen.

3. Metamorphosirte Gesteine der Silurformation.

In dem uralischen Gebiete der Silurformation wechsellagern Chlorit- und Glimmerschiefer mit den versteinerungführenden Schichten, in Böhmen stellen sich krystallinische grüne Gesteine, zunächst dem Schalsteine verwandt, lagerhaft in der obern Abtheilung der Formation ein; bei Mobendorf und Mühlbach in Sachsen (westlich von Freiberg) liegen sogar auf den silurischen Graptolithenschichten von Langenstriegis mehrere, viele Tausend Fuß mächtige Lager von Gneus, granitartigem Gneus, Glimmerschiefer und Grünschiefer, bedeckt von den Conglomeraten der steinkohlenführenden Devonformation von Hainichen und Ebersdorf. Gleiche Verhältnisse finden sich nächst Schönau unweit Zwickau, wo Glimmerschiefer die sedimentäre Grauwacke bedeckt und sich in der Breitenerstreckung allmälig in Gneus und Grünstein verwandelt.

Bei Münchberg in Oberfranken liegt ein acht Quadratmeilen großes Gneus- und Glimmerschiefer-Gebiet in muldenförmiger Auflagerung auf feinkörniger Grauwacke und feinem Thonschiefer der Silurformation. Da, wo diese metamorphische Gesteinsschicht dem Thonschiefer sich nähert, besteht sie aus Glimmerschiefer, anderwärts ist sie Gneus, welchem Lager von Strahlstein und Granat, Serpentin und Hornblendeschiefer untergeordnet sind.

In Norwegen, bei Talvig in Westfinnmarken, folgen den Schichten der silurischen Thonschiefer mächtige dichte Kalksteinlager, über denen Thonglimmerschiefer, feinkörniger Kalkstein, Glimmerschiefer und endlich Gneus in regelmäßiger Schichtung liegen. Auch in Mittelnorwegen ist von Osen bis Bödal eine gleichförmige Auflagerung der krystallinischen Felsarten auf die Silurformation in einer Ausdehnung von mehr als zwölf Meilen bemerklich, wobei die Thonschiefer der letztern Formation nach oben allmälig in krystallinische Gesteine übergehen. Dieselbe weit ausgedehnte jüngere Gneuspartie findet sich anderwärts den mit steiler Schichtung einfallenden ältern Gneuspartien (dem Urgebirge) discordant aufgelagert, geht aber auch an der Nordgrenze des über 50 Meilen langen Gebietes allmälig in den daselbst mit ihm concordant gelagerten Urgneus über. Diese Beispiele mögen beweisen, daß manche beträchtliche Stücke der älteren Sedimentformation später in den krystallinischen Zustand übergeführt worden sind; daß eine solche Umänderung möglich ist, beweist die Auffindung von Versteinerungen in einem krystallinischen dem Syenit ähnlichen Gesteine der Vogesen und in den Felsitporphyren der westfälischen Grauwacke.

4. Gänge, Erze, Kohlen- und Salzlager in der Silurformation.

Die Silurformation enthält sowol auf Lagern als auf Gängen nutzbare Mineralien.

Steinkohle und Anthrazit finden sich in ihr wie schon oben angeführt wurde, in Schottland, Irland, Portugal, im südlichen Frankreich. Sie sind zum Theil von abbauwürdiger Mächtigkeit (Vollango bei Oporto) und Gegenstand des Bergbaues. Oft liegen auch in Deutschland zwischen den Graptolithenschichten

schwefelkiesreiche sehr kohlenhaltige Thonschieferbänke, welche auf Alaun benutzt werden; ihr Kohlen- und Schwefelgehalt ist durch Meeresalgen veranlaßt worden.

In der nordamerikanischen Silurformation kommen Steinsalzkrystalle oder Pseudomorphosen nach solchen, sowie mit Anhydrit und Gyps vergesellschaftete Steinsalzknollen öfters vor; es ist sogar ein über 200 Fuß dickes Steinsalzlager unter Gyps und Mergel darin erbohrt worden. Die vielen Salzquellen, welche dem Silurgesteine entspringen, zeigen ohnedies die Existenz solcher Massen in der Tiefe an. Es haben demnach schon in der ältesten Zeit Salzausscheidungen aus dem Meere oder einzelnen austrocknenden Meeresbassins stattgefunden; die meisten damals gebildeten Gyps- und Salzlager mögen jedoch oberflächlich aus- und hinweggewaschen worden sein, wie die Kohlenflötze in Anthrazit und durch Verwesung der Kohle in kohlig-bituminöse Thonschiefer übergingen.

Bleiglanz findet sich lagerhaft in den silurischen Kalksteinen Nordamerika's, welche sich auf einer Fläche von mehr als 200 Quadratmeilen nach allen Richtungen von Bleierztrümmchen durchzogen zeigen, so daß daselbst jährlich 40 bis 50 Millionen Pfund Blei gewonnen werden. Auch in Spanien und Polen kommt Bleiglanz in den Silurkalken in bauwürdiger Menge vor.

Kupferkies und Kupferglanz mit Zinkblende und Schwefelkies finden sich sehr häufig und gewöhnlich in allen Sedimentgesteinen, jedoch im Allgemeinen so zerstreut und einzeln, daß sie nicht bergmännisch gewonnen werden können. In der Silurformation kommen sie ebenfalls als Versteinerungsmittel von Thieren und Pflanzen vor, sie treten aber, durch den Stoffwechsel zusammengeführt, auch auf Lagern auf, indem sie entweder in größern und kleinern Knollen oder in stärkern Lagen vereinigt eine für den Bergbau erwünschte Gelegenheit darbieten. Solche Lager sind zu Szambor in Kroatien, auf der Insel Anglesea 2c.

Der Quecksilbererze ist schon oben gedacht worden.

Eisenerze bilden in vielen Gegenden den Reichthum dieser Formation; Magneteisenstein, verbunden mit einem geringen Kohlengehalte, setzt in der Nähe von Prag (Auwal) ein mächtiges weit erstrecktes Lager zusammen. Rotheisenstein, in dichter Form und als Roggenstein oder Oolith im Ansehen ganz dem aus der Juraformation gleich, bilden Lager in Böhmen, in Nordamerika und mit Aphrosiderit und Magneteisen gemischt in Frankreich. Diese Lagen erreichen oft eine außerordentliche Ausdehnung und Dicke von 3—25 Fuß. Brauneisenstein in Nieren, welche sich zu Lagern vereinen und wahrscheinlich aus der Umwandlung von Sphärosiderit hervorgingen, ist nicht selten in den böhmischen Silurschiefern. Spatheisenstein in mächtigen, mehr als 100 Fuß dicken, sehr ausgedehnten Lagern bildet in Steiermark, bei Eisenerz und Vordernberg, bei Werfen und Neunkirchen in Tyrol dem silurischen Kalk untergeordnete Gebirgszüge. Sie liegen gewöhnlich in mehreren Lagen über einander, und sie bilden das Gestein, aus welchem der weltberühmte steierische Stahl bereitet wird.

Gänge, welche Kupfer-, Blei- und Silbererze, Schwerspath, Kalkspath und Quarz enthalten, finden sich mit den metallischen Lagern vereinigt.



Fig. 150. Steinbruch im devonischen Sandstein zu Carnivanhead.

B. Devonformation.

Die Schichten, welche unter der Bezeichnung devonische Formation zusammengefaßt werden, welche in Deutschland einerseits mit den Silurschichten und andererseits mit der untern Abtheilung der Steinkohlenformation vereinigt, als Uebergangsgebirge oder Grauwackenformation bekannt sind, folgen entweder den Silurschichten, sind denselben untergleichen oder abweichenden Winkeln aufgelagert, oder sie ruhen auf krystallinischem Schiefergesteine. Diese Formation ist sehr manchfaltig zusammengesetzt und umfaßt eine große Anzahl von Thonschiefer-, Conglomerat-, Sandstein-, Quarzit-, Kalksteinarten, viele metamorphosirte und krystallinische Gesteine und mehrere Eruptivmassen. In den verschiedenen Gegenden Deutschlands, Rußlands, Frankreichs, Englands, Amerika's u. s. w., wo sie erkannt ist, lassen sich in ihr bedeutende Abweichungen in der Gesteinszusammensetzung wahrnehmen, indem hier Conglomerate und Sandsteine, dort Thonschiefer und feinkörnige Sandsteine (oder Grauwacken), anderwärts kalkige Schiefer oder Kalkstein vorherrschen. Eben so weichen auch die versteinerten Thiere und Pflanzen verschiedener Welttheile wesentlich von einander ab. — Ehe wir zu der Besprechung der Lagerungsverhältnisse der Devonschichten übergehen, wollen wir der in denselben aufbewahrten ausgestorbenen Flora und Fauna einige Aufmerksamkeit zuwenden.

a. Thiere.

Von **Wirbelthieren** wurden außer einem merkwürdigen Skelette eines kleinen lurchartigen Amphibiums dem in Fig. 152 dargestellten Telerpeton Elginense,

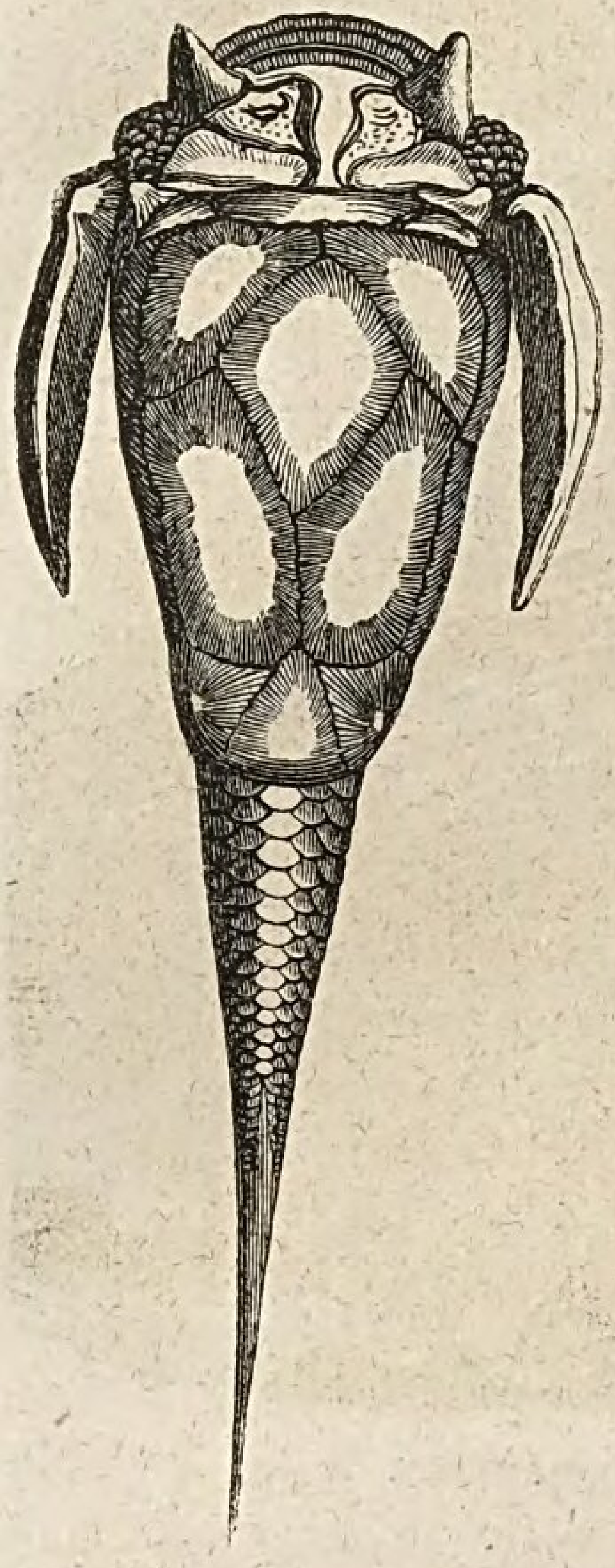


Fig. 151. Pterichthys cornutus.

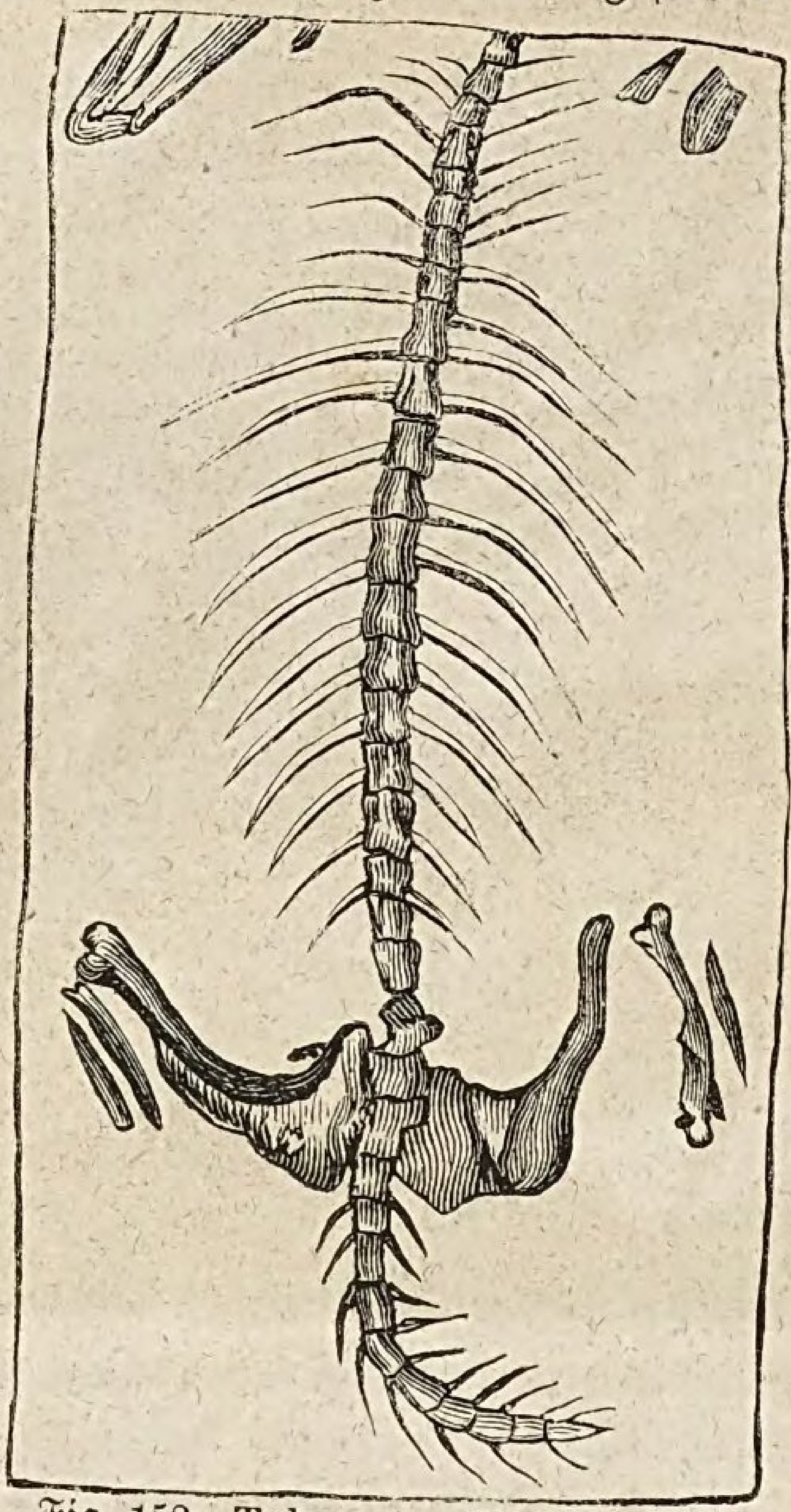


Fig. 152. Telerpeton Elginense in natürlicher Größe.



Fig. 153. Murchisonia bigranulosa.

nur Fußstapfen eines andern, des Sauropus primaevus, beide in Nordamerika, aufgefunden, bis jetzt etwa 120 Fischarten, welche 27 Gattungen oder genera

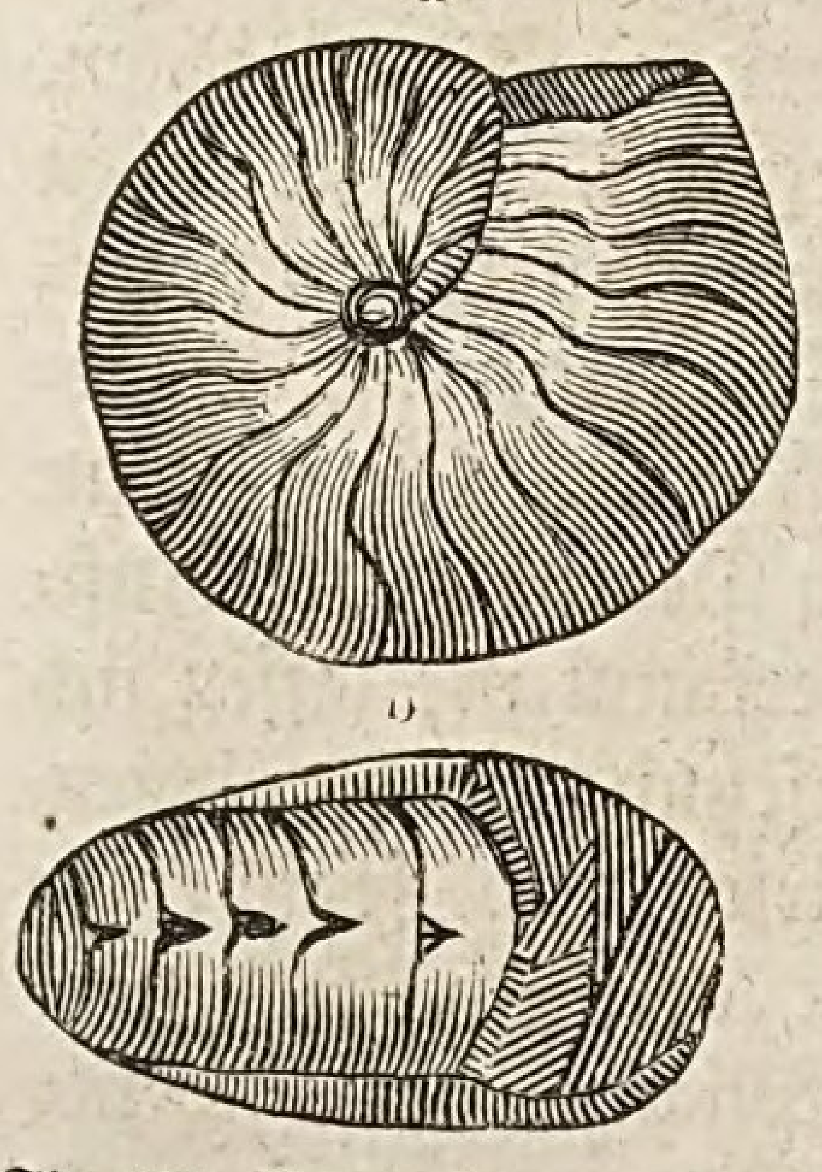


Fig. 154. Goniatites retrorsus.

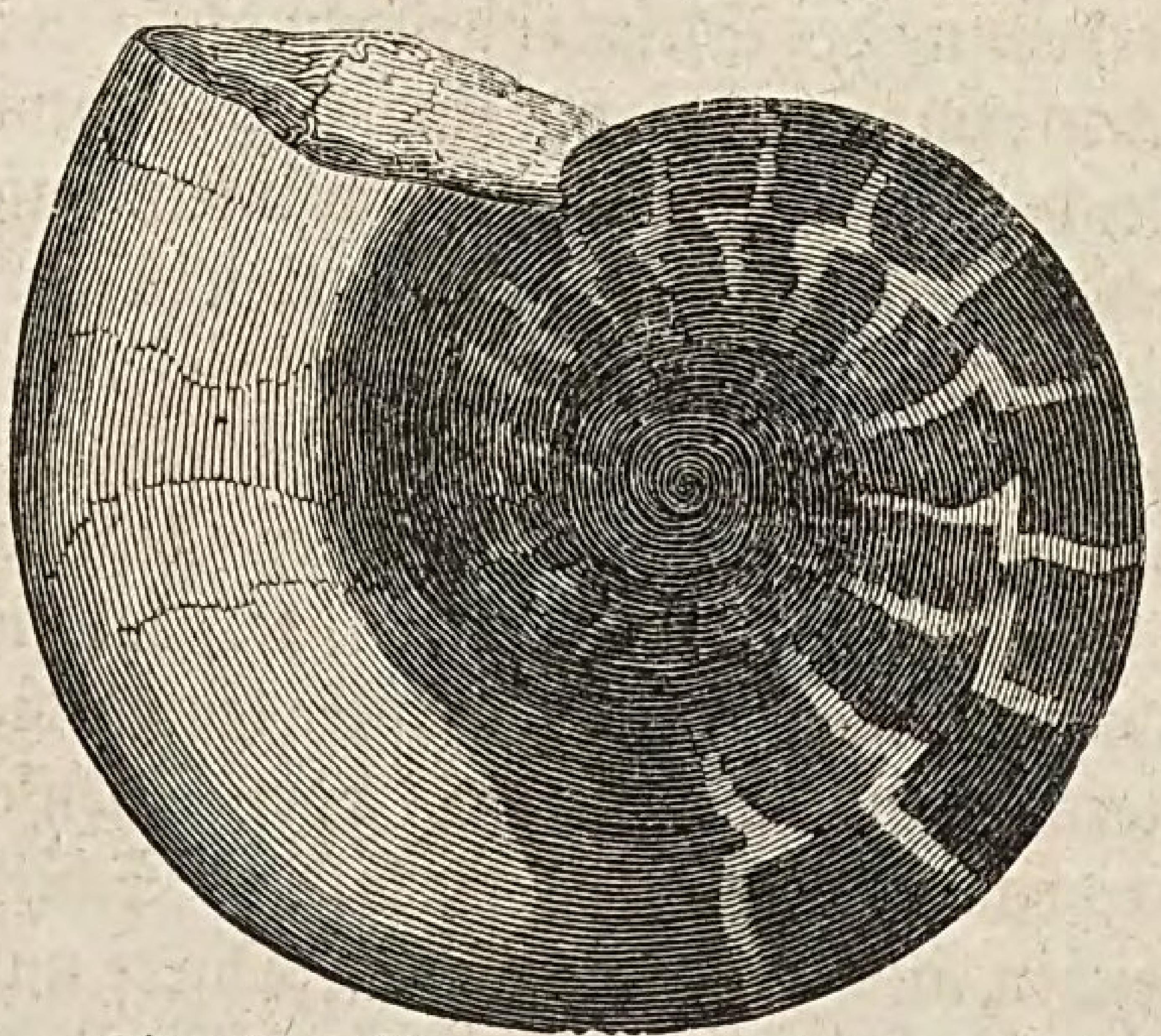


Fig. 155. Clymenia inaequistriata.

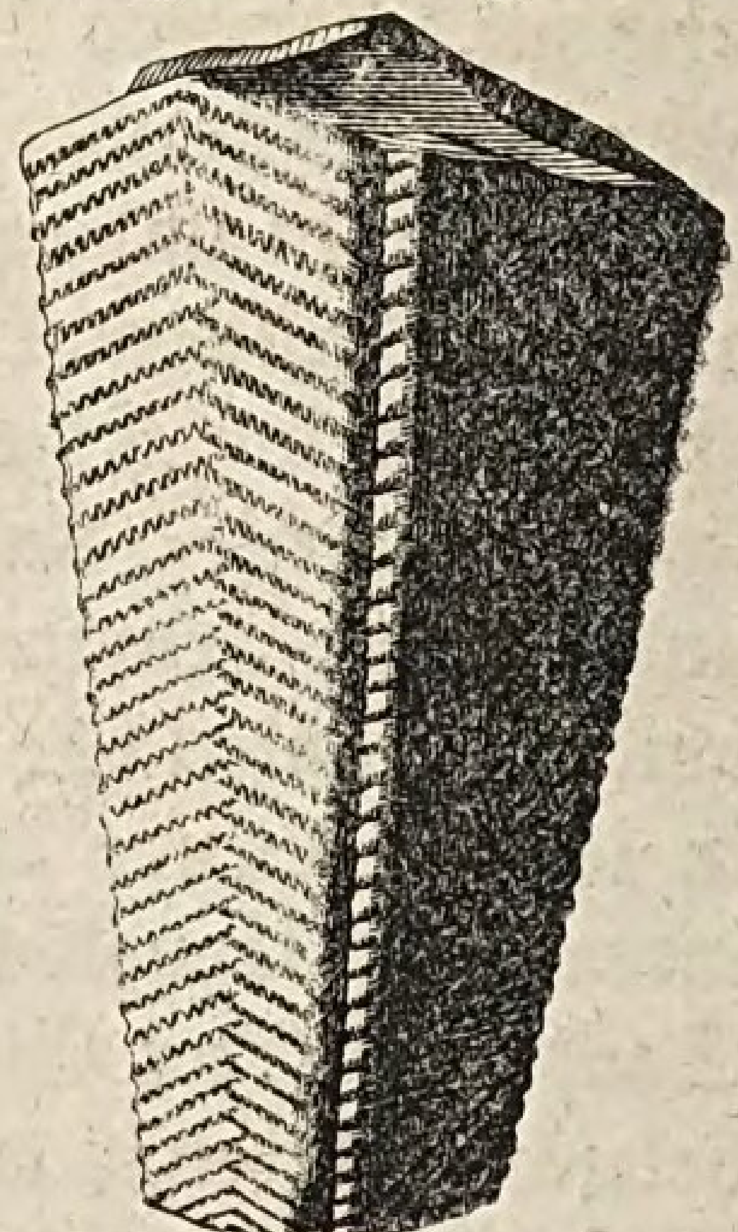
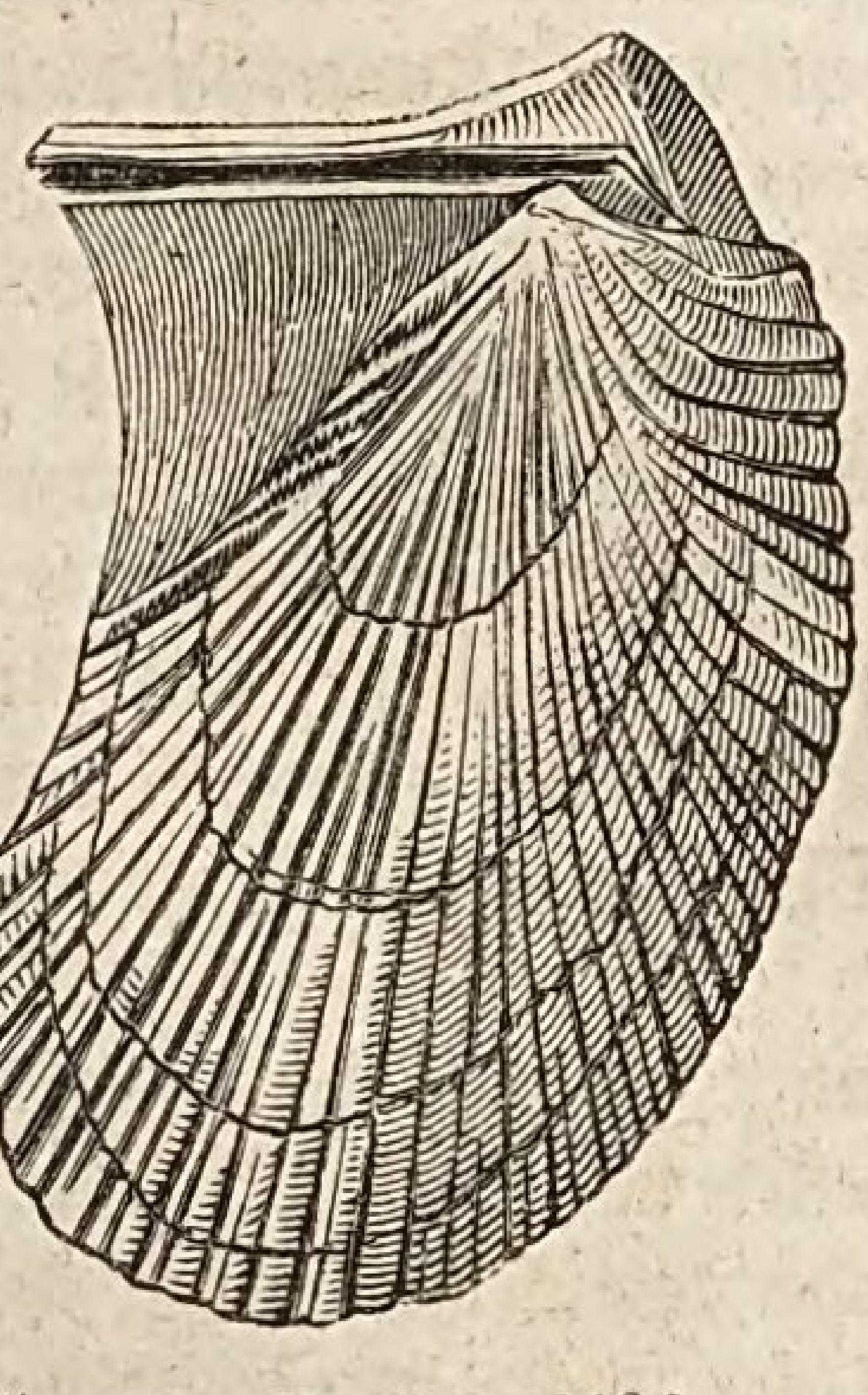


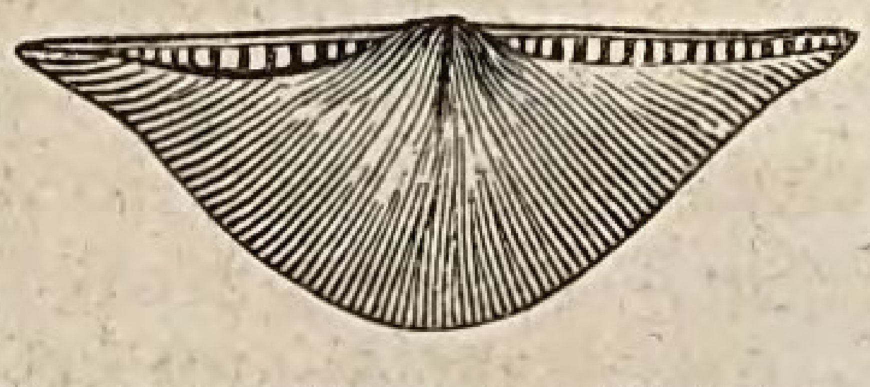
Fig. 156. Conularia ornata.

angehören, entdeckt. Die Fische liegen in unglaublicher Menge in den Sandsteinen der Formation, welche unter dem Namen Old red sandstone (alter rother

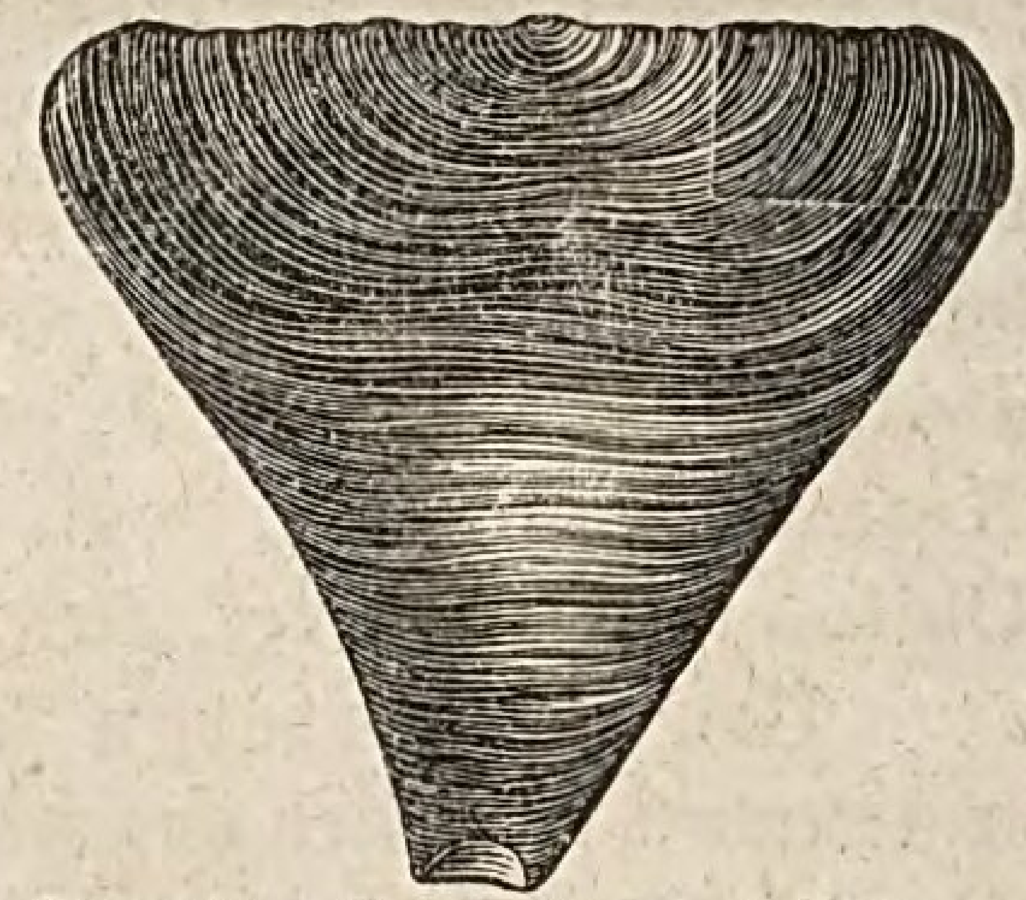
Sandstein) die schottischen und die russischen Devonschichten auszeichnen. Es sind vornehmlich wunderbare Formen von gepanzerten Ganoidfischen, von denen unsere Vignette Fig. 134 einige zur Anschauung bringt. Jene Vignette enthält zu oberst einen Amphipterus aus der Kohlenformation, darunter einen noch die Fischform bewahrenden, stark gepanzerten Cephalaspis; unter diesem zwei Arten von Pterichthys, von denen der eine Hörner am Kopfe trägt und als Pterichthys cornutus in Fig. 151 besonders dargestellt ist. Das Geschlecht Pterichthys reicht nicht über die paläozoische Gruppe hinauf, wol aber die in Fig. 134 unten am Boden zwischen Trilobiten liegende rundschuppige Ganoidfischform Holoptychius, welche noch in der Tertiärzeit ähnlich vorkommt. Neben diesen Ganoidfischen lebten auch Knochenplatten tragende (haiartige) Placoiden oder Seladier in den devonischen Meeren.


Fig. 157. Pterinea bifida.

Gliederthiere sind nicht so zahlreich wie in der Silurformation vertreten. Außer 8 bis 10 Arten Anneliden oder Rundwürmern sind nur etwa 80 Arten Trilobiten, welche kaum über die Devonformation hinausreichen, und mehrere Arten Cypridinen, hirsekorngroße zweischalige Krebschen, wie die Flohkrebse unserer Sümpfe, bekannt. Die Trilobitenarten weichen durchgehends von denen der Silurschichten ab; diese Thiere lebten aber auch während dieser Periode an einzelnen Stellen der Meere, namentlich in der Nähe der Küsten, in so großen zahlreichen Gesellschaften, daß ihre Reste ganze Schichten bilden konnten.


Fig. 158. Chonetes dilatata.

Mollusken. Cephalopoden finden sich von 14 Geschlechtern nur 280 Arten; die Orthoceratiten treten zurück, doch erscheinen sie noch reich an Arten; dagegen nehmen die Goniatiten und Clymenien, zu Scheiben aufgerollte Cephalopoden, zu.


Fig. 159. Calceola sandalina.

Die Fig. 154 (Goniatites retrorsus) stellt einen in den jüngern Schichten der Devonformation gewöhnlichen Goniatiten vor, dessen Röhre in solcher Weise aufgerollt ist, daß ihre ersten Anfänge von den weiteren jüngern Stücken eingewickelt werden. Dadurch erhält die Röhre hufeisenförmige Querschnitte, wie in Fig. 154 b, welche diesen Goniatiten vom Rücken gesehen darstellt, bemerklich ist. Die vom Mittelpunkt (Nabel) der Fig. 154 a aus laufenden geknickten Linien und die in b auf den Rücken gezogenen Zickzacklinien bezeichnen die Scheidewände (Loben) der Röhre. Bei den


Fig. 160. Stringocephalus Burtini.

Orthoceratiten sahen wir diese Loben als einfache Linien, hier sind sie schon gekrümmt; bei Cephalopoden in jüngern Formationen erscheinen sie oft von sehr verwickeltem Verlaufe. Der spitze Zickzack der in Fig. 154 b gezeichneten Loben deutet die Siphoröhre an, welche auch bei den Goniatiten die einzelnen Kammern verbindet und zuweilen dem Rücken sehr genähert liegt. Die oberste oder äußerste Endkammer, in welcher das Thier zuletzt lebte, geht oft ein- bis zweimal um das Gehäuse herum; so oft sich dieselbe durch Ausschwitzungen des Thieres verlängerte, ward an ihrem innern Ende eine neue Scheidewand (Lobe) angebaut.

Die Familie der Clymenien, von denen Fig. 155 die Art Clymenia inaequistriata giebt, hat lange aufgerollte, allmälig an Dicke zunehmende Röhren, deren Loben entweder einfach gekrümmt oder, wie in unserer Figur, zackig sind. Die Siphoröhre liegt im Innern der Windung, nahe an der Bauchseite.

Von Pteropoden finden sich Conularien, im Querschnitt rhombenförmige, lange, spitze, sehr dünnschalige Gehäuse, welche der Länge nach aus zwei Hälften bestehen. Fig. 156 stellt ein Bruchstück der Conularia ornata vor, deren Gehäuse sehr zierlich geschmückt ist. Das mit flossenartigen Häuten am Kopfe ausgestattete Thier steckte in der Röhre und ragte wie die Cleodoren der wärmern Meere oben hervor. Außer den Conularien, den Riesen unter den Pteropoden, enthält die Devonformation noch kleine Schalen von Pugiunculus, Creseïs und Tentaculiten, kleinere, mehr an die Formen der jetzigen nächtlichen Hochseethierchen erinnernde Formen. Es sind 20 bis 25 Arten von devonischen Pteropoden bekannt.

Die Zahl der Gasteropoden mit aufgewundenen Gehäusen ist ebenfalls viel beträchtlicher als im Silurischen; es sind etwa 280 Arten beschrieben, unter denen die Geschlechter Pleurotomaria und Bellerophon mit sehr vielen Arten, dann die spitzgewundenen Murchisonien, von denen unsere Figur 153 eine Abbildung giebt. Ferner sind die Geschlechter Cirrus und Euomphalus, planorbisähnliche, auf eine Scheibe gewundene Schnecken Trochus, Turbo und Litorina, Natica, Holopella, Scoliostoma, Loxonema, Macrochilus, Dentalium und Chiton in Formen vertreten, welche sich mit denen unserer Meere vergleichen lassen.

Von Conchiferen kennen wir an 300 Arten, von denen viele noch jetzt existirenden Familien angehören, während manche andere längst ausgestorben sind. Bemerkenswerth ist ein Solen (eine Messerscheidmuschel), welcher einer der jetzigen Solenarten sehr nahe steht und als der Stammvater aller dieser Muscheln angesehen werden muß. Cardien, Isocardien, Cypricardien, Lunulicardien, Cardiomorphen, Cardiolen, den Herzmuscheln sich nähernd, Corbulen, Lucinen, Nuculen, Leden, Areen, den lebenden Familien verwandt, und ausgestorbene Arten von Pleurophoren und Gramisien, Myalinen und Aviculaceen, an die Hammermuschel erinnernde Actinodesmen, das ausgestorbene Geschlecht der Pterineen, von denen wir in Fig. 157 eine, mit der linken kleinern Klappe nach oben gekehrte, stark gestreifte und mit langem graden Schloß versehene, die Pterinea bifida, vor uns haben, und welche oft sehr groß werden, sowie Pectenarten und Posidonomyen sind nicht selten in den Strandbildungen der Devonformation.

Brachiopoden, welche im Silurgesteine in so großer Menge liegen, haben im Devonischen ebenfalls eine große Bedeutung. Die Chonetes sarcinulata, dilatata und minuta (Fig. 158 stellt die Chonetes dilatata als Abdruck mit dem gezähnelten Schlosse versehen dar) bilden mit Spirifer, namentlich Spirifer macropterus, einer derjenigen, welche wir in Fig. 145 (S. 47) gaben, ähnlichen, oft sehr großen, mit langen Schloßspitzen versehenen Form, ganze Schichten; anderwärts sind Orthis, Strophomenen, Pentamerus, Spirigenien, Rhynchonellen und Terebrateln sehr häufig. Es sind dies sämmtlich mit sehr zierlichen Schalen versehene Thiere, deren Manchfaltigkeit uns bei der Durchsicht der Sand-

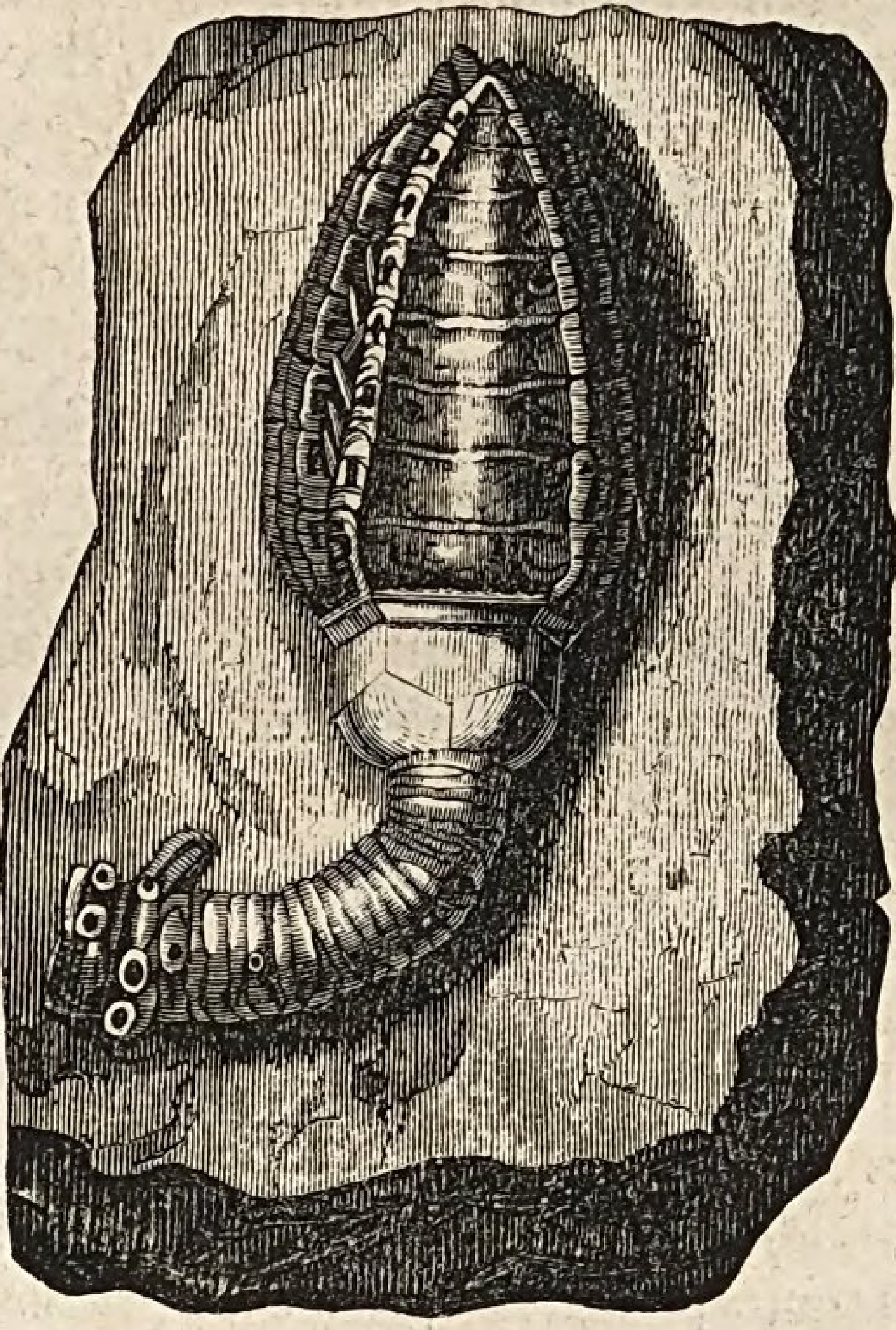


Fig. 162. Cupressocrinus crassus.

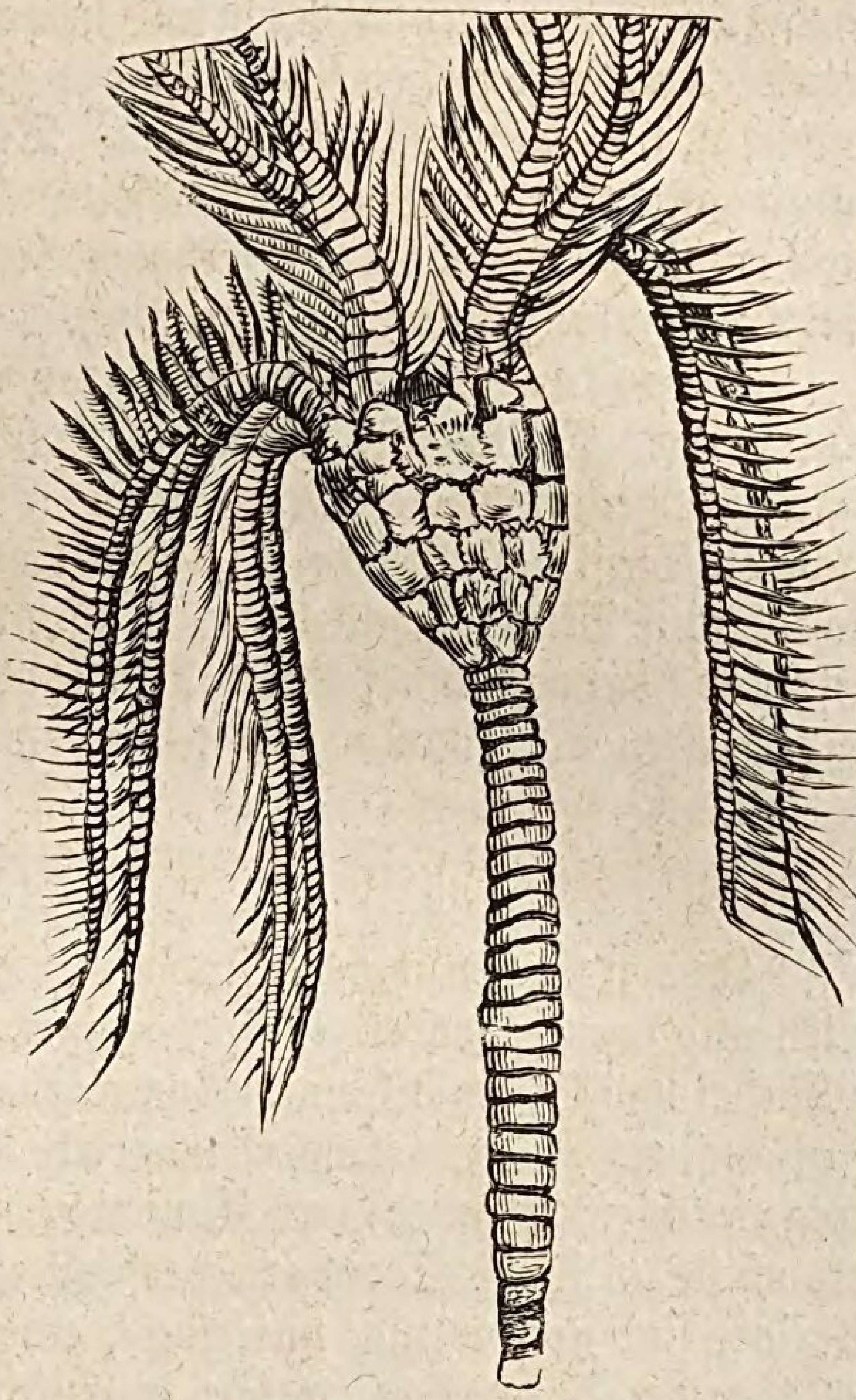


Fig. 161. Ctenocrinus decadactylus.

berger'schen Kupfertafeln über die Versteinerungen der rheinischen Grauwackenformation mit Bewunderung erfüllt.

Sehr auffallend ist die Form des Geschlechtes Calceola. Die beiden Klappen dieser Muschelart sind ungleich: die eine hat Aehnlichkeit mit dem Schuh eines Pantoffels, die andere liegt wie ein Deckel auf deren Oeffnung. Fig. 159 stellt diese Form, die Calceola sandalina, welche in manchen Devonschichten millionenweise vorkommt, dar. Eine andere ausgestorbene Brachiopodenfamilie ist Stringocephalus genannt worden; Fig. 160 giebt den Stringocephalus Burtini. Die Muschel hat in dem Felde über dem Schlosse (der Aera) der großen Bauchklappe ein schmales ovales Loch. Die Rückenklappe (kleine) ist bei jungen Exemplaren flach, wird aber allmälig gewölbt, so daß die Muschel fast kugelig erscheint. Andere

devonische Brachiopodenfamilien sind noch Discina, Davidsonia, Uncites, Productus und Lingula, von denen aber nur wenige Arten vorkommen.

Von **Strahlthieren** finden sich außer den ersten Seeigeln und Seesternen eine große Anzahl von Haarsternen, mit kurzen, wenig gewimperten Armen, aus den Familien Cupressocrinus (Fig. 162) Haplocrinus, Rhodocrinus, Myrtillocrinus, Pentacrinus, Melocrinus, Sphaerocrinus, oder mit langen Armen über dem Kelche, welche mit Fangfasern (Tentakeln) befranst sind.

Wir geben in Fig. 161 ein Bild von einem vollständigen Exemplare eines dieser Haarsterne, Ctenocrinus decadactylus von Oppershofen in der Wetterau, wo der Stiel, der darauf sitzende, aus sechseckigen Platten bestehende Kelch und die fünf Fangarme, deren jeder wieder in zwei bewimperte Glieder gespalten ist, deutlich hervortreten. Andere Familien sind als Actinocrinus, Fanocrinus, Hexacrinus, Stylocrinus u. s. w. unterschieden worden. Die Reste der Criniten, namentlich Stielstücke, bilden ganze Schichten; in manchen feinen Schiefern und Sandsteinen liegen aber auch viele wohlerhaltene Thiere zusammen, so daß man sie als an ihrem ursprünglichen Standorte verschlämmt ansehen muß.

Mooskorallen, Fenestellen, Favosititen, Cerioptorinen, Sternkorallen, Auloporen, Cystiphyllen und Cyathophyllen, Stromatoporen, das dieser Formation eigenthümliche Pleurodyction problematicum und einige Spongiten nahmen Theil am Aufbau mächtiger Korallenriffe. Das Pleurodictyon siedelte sich oft auf Muschelschalen an; es ist ein flacher, runder, zelliger Körper, welcher besonders dann, wenn seine Kalksubstanz verschwunden und nur die mit Schlamm ausgefüllten Wohnkammern blieben, ein sehr sonderbares Aussehen hat.

b. Pflanzen.

In den Devonschichten sind außer Algen, namentlich gablig verästelten Haliseriten und dorntragendem Depanophyius, schon Farne, Calamiten, Knorrien, Sigillarien und Pinus bekannt. Von Farnen ist besonders der in Fig. 263 dargestellte Sphenopteris laxus bemerkenswerth. Andere Landpflanzen, als Sigillarien, Nöggerathien (Palmen) und Coniferen, stehen zum Theil aufrecht in den Schichten, als ob sie an ihrem Standorte verschüttet seien. Aber auch von den Pflanzen dieser Periode sind noch wenige untersucht, einerseits weil solche in den meerischen Niederschlägen der Formation, welche in Europa vorherrschen, selten sind, anderntheils weil sie sich sehr schlecht conservirt haben.

Aus der Devonformation sind bis jetzt bekannt geworden:

Landpflanzen	50	Arten	Gasteropoden	280	Arten
Wasserpflanzen	6	„	Pteropoden	25	„
Infusorien	mehrere	„	Cephalopoden	280	„
Schwämme	9	„	Gliederwürmer	10	„
Korallen	137	„	Trilobiten	80	„
Haarsterne	82	„	Cypridinen	3	„
Seesterne	3	„	Fische	120	„
Brachiopoden	131	„	Amphibien	2	„
Conchiferen	300	„			

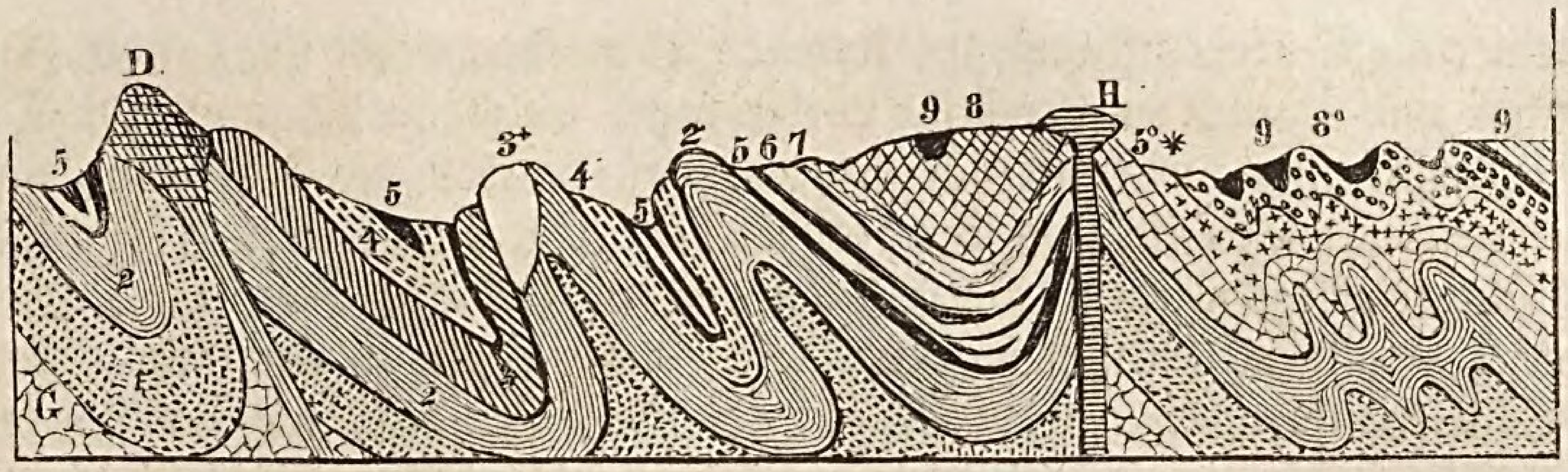


Fig. 164. Devonformation des Hinterlandes.
G Granit. D Diorit. H Hypersthenfels.
1. Spiriferensandstein; 2. Orthocerasschiefer; 3. Diabas; 4. Schalstein; 3+ Stringocephalen oder Korallenkalk; 5. Cypridinenschiefer oder Kramenzel; 6. Kramenzelkalk; 7. Thonschiefer; 8. Eisenspilit; 5^0 Quarzit des Kramenzels; *Thonschiefer; 8^0 Sandstein mit Farn; 9. Kieselschiefer der Steinkohlenformation.

1. Sedimentgesteine der devonischen Formation.

Wie schon im Eingange des Abschnittes, welcher über diese Formation handelt, bemerkt wurde, ist sie in verschiedenen Gegenden der Erde aus sehr abweichend zusammengesetzten Gesteinen gebildet; wir müssen deshalb auch bei ihrer Beschreibung die Schichtenfolge einzelner Gegenden als Beispiele anführen.

In Rußland liegt die Devonformation fast horizontal und gleichförmig auf die Silurschichten aufgelagert; sie ist über 7000 geographische Quadratmeilen, namentlich in Kurland, Livland, durch das Gouvernement Petersburg bis Archangel und über Smolensk bis Woronesch ausgebreitet. Diese große Ablagerung besteht im Norden aus drei Gruppen. Die unterste unmittelbar auf dem Silurgesteine liegende Abtheilung enthält rothe und grüne Mergel und Kalksteine, worin Murchison, Keyserling und Verneuil fast nur devonische und wenige silurische Thierformen fanden. Dieser Gesteinverband bildet den Uebergang aus der silurischen in die devonische Epoche. Ihm folgt eine Schichtenreihe aus bunten Mergeln, Sandstein, Kalkstein, Gyps und Thon bestehend, mit etwa 10 bis 12 auch in England und Deutschland in den mittlern Schichten der Devonformation vorkommenden und vielen eigenthümlichen Mollusken. Endlich schließt eine Ablagerung von buntem Mergel mit einer 4 Fuß mächtigen, aus Fischresten bestehenden Schicht, welcher 10 Fuß weißer Mergelkalk und eine 60 Fuß dicke bunte (grüne und rothe) Mergelthonlage folgen, die Formation, auf der die unteren Steinkohlengesteine ruhen.

In jener Knochenschicht liegen bei Dorpat, Kirchholm und andern Orten zahllose Fischskelette von den Formen, welche auch in den englischen Devonschichten vorkommen und von oft sehr bedeutender Größe, denn einzelne Fischknochen erreichen fast drei Fuß Länge. In Mittelrußland, zwischen Orel und Woronesch, befinden sich die Devongesteine am höchsten gehoben; sie liegen in Meereshöhen von 800 Fuß und bilden die Hauptwasserscheide des Landes. Dünnschiefrige, oft dolomitische, gelbe Kalke, blaue Schieferthone und wo sie bei Orel mit der nördlichen rothen und grünen Sandstein- und Mergelformation zusammenstößt, bilden gelbe und grünliche Sandsteine ihre Masse. In diesem versteinerungsreichen Schichtenverbande fanden sich dreißig mit deutschen und englischen Devon-

Versteinerungen übereinstimmende Arten. Bemerkenswerth ist, daß in Rußland die Fische und Mollusken vereinigt vorkommen, welche in England und Deutschland getrennt sind, woraus sich ergiebt, daß daselbst die Formation am vollkommensten entwickelt ist, und ihr deshalb besser der Name die russische als die devonische beigelegt werden sollte. Aber auch in Rußland liegen die Fische weniger im Kalke als im Sandsteine eingebettet, ganz so wie in England. Am Ural ruht die Devonformation ebenfalls auf der silurischen auf, woraus sich schließen läßt, daß sie, unter den jüngern Gebilden Mittelrußlands durchreichend, den Untergrund des ganzen Landes darstellt.

In Nordamerika finden sich die devonischen Schichten ebenfalls auf eine große Erstreckung den silurischen concordant aufgelagert. Am entwickeltsten liegt sie in den Staaten Newyork, Pennsylvanien und Virginien. Die tiefste Schicht ist etwa 300—500 Fuß mächtiger Sandstein mit Spirifer macropterus und cultrijugatus, Formen von Brachiopoden, welche auch in Deutschland vorkommen. Dann folgen kalkige Fucoidensandsteine mit Korallen, Orthoceren und Phacopsarten (Trilobiten), denen ähnlich, wie sie in Deutschland gefunden werden. Ferner ein 50 Fuß starker, aber sehr weit verbreiteter, und auch da, wo die unteren Sandsteine fehlen, die Silurschichten bedeckender Kalkstein, in welchem vorzugsweise Criniten und Cyathophyllen nebst Phacops und einigen Brachiopoden vorkommen. Auf den Kalk folgt oder ihn ersetzt ein aus schwarzen, grünen und braunen, oft kalkigen Schiefern bestehendes mächtiges Schichtensystem, worin zahlreiche Conchiferengeschlechter, Brachiopoden und Cyathophyllen, auch Goniatiten (Goniatites retrorsus wie in Deutschland) und Gasteropoden liegen. An diese Partie angelagert, tritt eine Sandstein und Schieferthonabtheilung von 2000 Fuß Dicke auf, in welcher sich, wie im Old red sandstone Englands, Fische, namentlich auch Holoptychius, finden.

Die amerikanische Devonformation hat 50—60 Thierarten mit der europäischen gemeinschaftlich, aber etwa dreimal so viel eigenthümliche. Sie ist in mehrere neben einander liegende Zonen getrennt, welche wahrscheinlich als gleichzeitige Niederschläge in einem weitausgedehnten flachen, von Festland umgebenen Meere angesehen werden müssen. Eigentliche Korallenriffe, wie in Deutschland, finden sich weder in Rußland noch in Amerika; in letzterem Erdtheile sind aber die ersten Spuren von Festland-bewohnenden Reptilien, ja sogar Fußspuren von Vögeln im devonischen Sandsteine entdeckt worden.

In England trägt die Devonformation ebenfalls einen eigenthümlichen Charakter; sie besteht entweder, wie in Devonshire, aus Sandstein und Thonschiefern mit schwachen Kalklagern, oder, wie in Wales, aus Mergel, Sandstein und Conglomerat, oder, wie in Schottland, nur aus dem letzteren. In Norddevonshire liegen auf Granit und dem krystallinischen Schiefergesteine die Schichten dieser Formation ziemlich steil aufgerichtet und werden in der Mitte des Landes von der Kohlenformation überlagert. Auch in diese reicht die Granitaufquellung noch herein. Die tiefste devonische Schicht ist nur an wenigen Punkten als aufgebogene Sattel zu beobachten; sie besteht aus 1000 Fuß mächtigem, sehr

festem, grünlichem, röthlichem oder grauem Quarzsandsteine mit eingelagerten schwachen Thonschieferschichten. In diesem Gesteine sind Chonetes, Spirifer, Orthis, Pterinea, Pleurotomaria, Bellerophon, Orthoceras und einige Korallen vorhanden, welche auch in Deutschland die tiefste Abtheilung dieser Formation bezeichnen. Dem Quarzsandsteine folgen rothe und weiße Quarzconglomerate, abwechselnd mit rothen und grauen oder bunten feinkörnigen Sandsteinen, Grauwacken- und Schieferthonen, worin zuweilen bauwürdige Eisensteinlager einbrechen. Neben diesem Conglomerate und an dasselbe anschließend liegt eine Zone von Schiefern mit 8 bis 9 Kalkzügen, von denen der mächtigste etwa 70 bis 80 Fuß dick ist. In dieser Partie finden sich Calamopora polymorpha, Cyathophyllum caespitosum und andere Korallen vorherrschend, aber auch Stringocephalus Burtini, ganz so wie in Deutschland. Hinter der Kalkzone folgt eine vielfach gewellte Partie, welche aus versteinerungsleeren grünen, quarzigen Schiefern (Serizitschiefern nicht unähnlich) und grauen Sandsteinen besteht und an versteinerungführende, glimmerreiche Sand-, Kalk- und Thonschiefergesteine als der obersten Abtheilung der Formation sich anschließt. Diese oberste Abtheilung enthält etwa 70 Spezies von Glieder-, Weich- und Strahlthieren, wovon viele mit deutschen, russischen und nordamerikanischen übereinstimmen.

In Süd-Devonshire umgeben den Granit metamorphosirte Schiefer, denen kalkige Schiefergesteine mit Calamopora polymorpha und anderen Korallen, rothe Sandsteine und endlich quarzreiche, kalkarme und versteinerungslose Thonschiefer folgen. Diesen Gesteinen sind mehrfach Tuffgesteine eingelagert, welche mit Diorit- und Diabaserhebungen zusammenfallen und als den Diorit- und Diabaslaven vorausgegangene vulkanische Aschen anzusehen sind. Der südlichen Abtheilung entnahm man 280 versteinerte Thierarten, von denen 25 schon in der Silurformation, 51 auch noch in der jüngern Kohlenformation vorkommen. Nach Irland reicht das devonische Gestein hinüber. Das Anfangsbild dieses Kapitels (S. 55) stellt einen an der irischen Meeresküste gelegenen Steinbruch in der devonischen Sandsteinschicht dar, welche mit weichern Thonschiefern abwechselnd gelagert ist. Die Meereswellen waschen den weichen Schiefer aus und lassen den festen Sandstein stehen, wodurch die Felsmassen ein stark gereiftes Ansehn erlangen.

In Wales schließt sich die Devonformation an das Silurgestein, dieses in einem großen Bogen umgebend, an. Grüne und braune Mergel mit kalkigen Concretionen, Sandsteine und vorherrschend aus Quarz- oder Kalkbrocken bestehende rothbraune Conglomerate des Old red sandstone, bilden daselbst die Hauptmasse. Die Formation wird in Herefordshire auf 8000 Fuß mächtig geschätzt, (der obere Sandstein allein 7000 Fuß); sie verliert sich aber nach Norden allmälig und keilt sich endlich jenseits Wenlok fast ganz aus. Dagegen wächst sie nach der schottischen Grenze wieder an und beginnt daselbst, auf den Granit gelagert, mit 3 bis 4000 Fuß dicken, rothen Sandstein- und Conglomeratbänken, denen Schiefer und Kalksteinschiefer folgen. Die untere Abtheilung ist reich an Fischresten, die obere frei von Versteinerungen.

Hieraus geht hervor, wie manchfaltig die Zusammensetzung der Devon-

formation in den verschiedenen Gegenden der Erde wechselt; auch in Deutschland, Belgien und Frankreich ist sie reich gegliedert und manchfach abweichend gebildet.

In Deutschland finden wir drei verschiedene Gruppen der Devonformation. Die erste beginnt in Belgien und reicht durch die Ardennen, die Eifel, den Hunsrück, Taunus und Westerwald unter jüngern Massen, aus denen sie hier und da hervorsteht, nach dem Harze; die andere bedeckt Sachsen, Thüringen und das Voigtland, die dritte beginnt im Schwarzwalde und verläuft in das Elsaß und das südliche Frankreich. Die größte und ausgedehnteste von Westen nach Osten, von den Ardennen bis zum Harze an 80 geographische Meilen lange, von Süd nach Nord, vom Taunus bis nach Westfalen 30 Meilen breite Partie der deutsch-belgischen Grauwacke ist in ein System von steil gegen Nord und Süd geneigten Falten gelegt, welche sämmtlich in der Richtung von Nordost nach Südwest verlaufen. Im Ardennenwalde und am Harze ruhen diese Devonschichten auf Silurgestein, im Süden jenseits des Maines ist ihre Unterlage unbekannt; sie könnte möglicherweise Gneus und Granit sein, wenigstens reichen hier die metamorphosirten Schiefergesteine des Odenwaldes nahe an die Devongesteine heran, und zwischen Gladbach und Marburg fand von Dechen sogar eine kleine, aus der Devonformation hervorragende Granitmasse auf. An der Nord-, Ost- und Südseite wird diese ausgedehnte Partie der devonischen Formation von der flötzleeren und der flötzführenden Steinkohlenformation begrenzt; die erstere legt sich in weit fortziehenden schmalen Falten von Nordosten her auf sie herein.

Der Hauptsache nach besteht diese belgisch-rheinische Grauwackenformation aus feinkörnigem, glimmerreichen, oft sehr quarzigen Sandsteine und damit wechsellagernden Sandstein- und Thonschiefern, welche Chonetes sarcinulata und dilatata, Spirifer macropterus, Rhynchonellen, Orthis und andere Brachiopoden, Orthocerasarten, einige Trilobiten, sehr viele Conchiferen, einige Gasteropoden und Pteropoden, zahlreiche Criniten und das Pleurodictyon problematicum enthalten und mit dem Namen Spiriferensandstein und Thonschiefer belegt, das unterste Glied der Formation bilden. Die Schichten dieser Gruppe fallen fast sämmtlich in 45 bis 80 Grad südlich ein; doch sind so viele Sattel- und Muldenfalten darin wahrnehmbar, daß man sie für eine stark gewellte Platte halten muß, in welcher mehrere tiefere Becken zur Aufnahme der jüngern Schichten der Formation eingesenkt liegen. An manchen Stellen sind dem Grauwackensandsteine Thonschiefer und Dachschiefer mit in Schwefelkies versteinerten Orthoceratiten, Goniatiten, Nautiliten, und andern Cephalopoden nebst Trilobiten, Pleurotomarien und wenigen Conchiferen und Brachiopoden eingelagert, aus denen man mit Unrecht eine besondere Formationsgruppe den Orthocerasschiefer gemacht hat. Diese Schiefermassen haben, sammt ihrer Fauna, nur eine örtliche Bedeutung und sind nebst den, als Korallenbauwerk in einzelnen Gegenden vorkommenden Massen- oder Stringocephalenkalken mit dem Spiriferensandstein von gleichzeitiger, jedoch unter abweichenden Verhältnissen hervorgegangener Entstehung. Der Massenkalk bildet große Korallenriffzonen bei Gerolstein in der Eifel, bei Aachen, bei Düsseldorf, bei Pfaffrath und Brilon, an der Lahn bei Weilburg und Gießen, am

Ostrande der Formation und nicht weniger am Harze. Die Korallenkalke bestehen ihrer Masse nach aus Stromatopora polymorpha, Calamopora, Cyathophyllen und vielen andern Korallen, deren Zwischenräume mit erdigem oder krystallinischem Kalke, mit Orthoceratiten, Trilobiten, Criniten, Gasteropoden und Brachiopoden, namentlich Stringocephalus Burtini, erfüllt sind. Sie sind ganz so wie die heute entstehenden Korallenriffe, jedoch von andern Thierarten hervorgebracht. Die drei Gebirgsglieder: Spiriferensandstein, Thonschiefer und Korallenkalk sind gleichzeitiger Bildung, das eine an flacher, jedoch der Tiefe zu sinkender Meeresküste, das andere in tieferen Meeresbuchten, der Korallenkalk, seiner Mächtigkeit nach zu urtheilen, an solchen Punkten, wo sich das gesalzene Wasser vom Küstenschlamm reiner hielt, auf sinkendem Meeresboden entstanden.

An mehrern Stellen nahmen die Schiefergesteine dieser unteren Abtheilung der rheinisch-belgischen Devonformation mit Beibehaltung der Versteinerungen krystallinisches Wesen an und erlangten das Ansehn von Glimmer-, Talk- und Chloritschiefer, selbst von Felsitporphyr. An andern Orten, namentlich bei Brilon, im Dillenburgischen (Nassau), an der Lahn (Wetzlar, Weilburg), am Harze, sind mit dem Kalksteine und Schiefer eruptive Massen, als: Diorit, Diabas, Hyperit, Gabbro, und metamorphosirte Gesteine, als: Schalstein (Variolith), Eisenspilit, Serpentin, vergesellschaftet, welche die Lagerstätten sehr reicher Eisenerze sind.

Als obere Abtheilung der rheinisch-belgischen Devonformation ist ein Schichtencomplex anzuführen, welcher aus Quarziten, rothen, grünen und blauen, in Griffel spaltenden, meistens sehr kalkreichen Thonschiefern, aus eingelagerten Kalksteinschiefern und aus Quarzsandstein mit vielen Schwefelmetallen und Pflanzenresten besteht. Diese Schichten erreichen in den nördlichen und östlichen Theilen des Terrains eine große Ausdehnung und bilden, der ältern Abtheilung in flachen Bassins und Buchten aufgelagert, vielfältig gewellte Platten. In manchen Gegenden enthalten sie unzählige Cypridinen (Flohkrebse), welche gern an flachen warmen Stellen des Meeres leben, wodurch der Name Cypridinenschiefer veranlaßt wurde, an andern ebenso viele Hochseethiere, Pteropoden (Tentaculiten und Creseïs), an andern endlich viele Goniatiten und Clymenien, auch Glieder- und Strahlthiere, die sich von den in den ältern Abtheilungen vorkommenden unterscheiden und allmälig in die der unteren Steinkohlenformation verlaufen. Diese Schichten werden in verschiedenen Gegenden mit besondern Namen belegt, als Taunusquarzit, Kramenzel, Goniatitenkalk, Clymenienkalk u. s. w.

Unsere Vignette Fig. 164 stellt einen ganz idealen Durchschnitt der Devonformation im Dillenburgischen und angrenzenden Hessischen dar. Sie zeigt das Verhältniß der beiden Gesteinsgruppen. Die süddeutsche Grauwackenformation legt sich in Baden dem Gneus, Syenit und Granit auf; dasselbe findet im Elsaß statt, wo indessen ein Theil der krystallinischen Sohlgesteine durch die bei der Umwandlung erhalten gebliebenen Korallen als metamorphosirte devonische Kalk- und Schiefergesteine erkannt wurden. Auch im südlichen Frankreich ruht die Fortsetzung dieser Formation auf krystallinischen Gesteinen, sie umschließt daselbst Steinkohlenflötze. Im bayrischen Oberfranken und dem daran grenzenden Thüringer-

walde und Sachsen ruht die Devonformation, aus Grauwacke, Grünsteintuff mit Versteinerungen, Thonschiefer und Clymenienkalk bestehend, vielfach durchsetzt von Diorit, Diabas, Porphyr und Serpentin, auf den Graptolithenschiefern der Silurformation oder auf krystallinischen Schiefern. Sie ist durch kohlenreiche Schichten bedeckt. Auch in Oceanien (Neuseeland) findet sich devonisches Gestein.

2. Eruptivgesteine der Devonformation.

Diorit und Diabas bilden in der untern Abtheilung der deutsch-belgischen Partie der Devonschichten Spaltenausfüllungen, Gänge und Lager (Lavaströme). In gleicher Weise treten sie am Harze, im Voigtlande und Oberfranken auf. In der Regel sind diese Gesteine da entwickelt, wo die untere Abtheilung der Formation mit der obern wechselt und an sie grenzt, so daß sich mit ihrem Emportreten aus der Tiefe und aus den damit verbunden gewesenen Störungen in den Niveauverhältnissen des Meerbodens und der Wasserzusammensetzung das plötzliche Absterben der jene Gegenden vorher belebenden Fauna, sowie das Auftreten ganz anderer Thierarten in den jüngern Schichten erklärt. Schalstein und Grünsteintuffe waren wol die mit den pyroxenischen Lavaströmen jener Epoche vergesellschafteten vulkanischen Aschen und Tuffe. An andern Orten sind Felsitporphyre, als umgewandelte Obsidian- oder Trachitlaven zu betrachten, der Tiefe entstiegen; sie finden sich in Westfalen (an den Bruchhäusersteinen) und anderwärts ebenfalls mit Versteinerungen enthaltenden Tuffgesteinen verbunden.

Hypersthenfels, Gabbro, Schillerfels und Serpentin gehören vorzugsweise der obern Gruppe der Devonformation an und finden sich, wie die vorhergehenden, auf Spalten, Gängen und Lagern. Ihre Erhebung fällt gegen das Ende der devonischen Periode.

3. Metamorphosirte Gesteine der Devonformation.

Der untern Abtheilung der belgisch-rheinischen Devonformation gehören krystallinische Schiefergesteine an, welche aus Ottrelit, Hornblende, Augit, Labradorit, Albit, Aphrosiderit, Serizit, Axinit, Epidot, Eisenglanz und Quarz bestehen, in denen Versteinerungen, namentlich die im Spiriferensandsteine vorkommenden, nicht gerade selten sind. Solche krystallinische Gesteine, im Gefüge dem Chlorit- und Talkschiefer, selbst dem Gneuse ähnlich, finden sich in Belgien mit Granaten, die sich im Innern von Spiriferen entwickelten, in der Nähe von Butzbach im Taunus ebenfalls mit Versteinerungen und von Homburg vor der Höhe bis nach dem Rheine hin am Südgehänge des Taunus, hier jedoch versteinerungsleer, nicht selten. Man gab ihnen die Namen Ottrelit- und Serizitschiefer. Auch die Diabasmandelsteine und Schalsteine gehören zum Theile hierher und scheinen aus kalkigen Schiefern entstanden zu sein; sie enthalten sehr oft Versteinerungen.

Der Massenkalk ward an vielen Orten zu krystallinisch-körnigem Dolomit,

wobei sich öfters Braunstein- und Eisenerze ausschieden. Anderwärts wandelten sich bedeutende Stücke der Kalkgesteine vollständig in Rotheisenstein oder in Galmei um, wobei die Versteinerungen sehr gut erhalten blieben. In der Nähe der Bruchhäusersteine in Westfalen fanden sich in einer durch Aufnahme von Feldspathsubstanz dem Felsit sehr ähnlich gewordenen Grauwacke gut erhaltene Abdrücke von Trilobiten, deren Schalen Albitkrystalle aufgewachsen sind; ein Beweis für die Entstehung dieses Minerals auf nassem Wege. In den Vogesen veränderten sich beträchtliche Partien des devonischen Kalkes und Schiefers in krystallinische Gesteine, welche Orthoklas, Oligoklas, Chlorit, Amphibol und Hornblende enthalten und für Felsit, Weißstein, grünen Porphyr, braunen Porphyr, Amphibolporphyr angesehen worden sind. Nachdem Daubrée in ihnen wohlerhaltene, durch Hornblende, grünen Granat, Axinit und Orthoklas erfüllte, ehemals aus Kalk bestandene Korallen von der Art Calamopora spongites fand, müssen sie für metamorphosirte Grauwacke gelten.

4. Gyps, Steinsalz, Steinkohlen, Baryt, Erzlager und Gänge der Devonformation.

Gyps findet sich, wie schon mitgetheilt, in den russischen und nordamerikaschen Devonschichten. Auf das Vorhandensein von **Steinsalz** läßt sich aus dem Austreten zahlreicher Salzquellen in allen bekannten Devonschichten schließen.

Steinkohlen kommen besonders in den devonischen Schichten der untern Loire und von Asturien und Leon vor. Sie sind zwischen schwarze Schiefer gelagert und erreichen 50, 60 bis 100 Fuß Mächtigkeit, ein Beweis, daß auch schon vor der Steinkohlenformation ein sehr kräftiger Pflanzenwuchs auf Erden bestanden hat. Ueber diesen Steinkohlenflötzen liegen Kalksteine, in welchen Verneuil viele Versteinerungen der mittleren Abtheilung der Devonformation nachwies. Vielleicht müssen die Steinkohlenablagerungen von Thann im Elsaß und von Diersburg und Berghaupten im Schwarzwalde, welche man in einem zu Gneus umgewandelten Schiefer- und Sandsteine, worin sich noch die Pflanzen der Steinkohlenperiode als Abdrücke finden, beobachtet hat, hierher gestellt werden.

Barytlager finden sich im devonischen Schiefer der Rheinlande bei Meggen und in den metamorphosirten Gesteinen von Dillenburg mehrfach.

Erzlager sind ebenfalls in der Devonformation keine Seltenheiten.

Schwefelkies bildet mächtige Lager im Thonschiefer von Meggen und Brilon und der Umgegend von Zell an der Mosel; er ist ein gewöhnlicher Begleiter der den devonischen Schiefern eingelagerten Fucusarten (Seetange), deren Fäulniß wol theilweise den Schwefel desselben lieferte. Oefters ist der Schwefelkies, unter Beibehaltung der Krystallform, in Braun- und Rotheisenstein umgewandelt, wie in der Umgegend von Brilon und in den pflanzenreichen Schichten der jüngern Grauwacke Oberhessens. Auch in den Eisenspiliten dieser Gegend kommt er öfters, zuweilen mit einem Nickelgehalte, vor.

Kupferkies und Kupferglanz, Bleiglanz und Zinkblende finden sich vielfach in weit ausgedehnten Lagern, theils im Thonschiefer der ältern, theils im

Sandsteine der jüngern Devonformation der Rheinlande, Nassaus und des Harzes; Holzappel, Ems in Nassau, Simmern, Zell im Hunsrück, Ramsbeck in Westfalen, Goslar am Harze u. s. w. Aber auch in Spanien und Polen kommen außerordentlich reiche Bleiglanzlager im devonischen Kalksteine vor.

Antimonglanz findet sich, mit Quarz gemischt, bei Wilz in den Ardennen im devonischen Schiefergestein.

Manganerze breiten reichlich und sehr ausgezeichnet auf den Dolomiten des Massenkalkes bei Gießen, Braunfels und Dietz an der Lahn, bei Stromberg im Hunsrück, im Thonschiefer und Quarzit bei Geisenheim und Aßmannshausen am Rheine.

Eisenerze kommen lagerhaft vor in und über dem Schalsteine des nassauer, wetzlarschen und oberhessischen Landes, bei Brilon, am Harze, im Voigtlande. Es sind größtentheils Rotheisensteine von großer Güte und jährlich werden viele Millionen Centner Eisenwaaren daraus dargestellt. Seltener sind Magneteisenstein und Brauneisenstein, doch ist auch der letztere in der Nähe von Butzbach und Wiesbaden, im Hunsrück und im untern Flußgebiet der Sieg und Ruhr von großer Bedeutung. Sphärosiderit (Spatheisenstein) bildet die mächtigen Lager des Siegener= und Wieder=Landes (Rheinpreußen). Man kann mit Recht die deutsche Devonformation für eine der reichsten Eisenformationen der Erde ansehen. Aber überall sind die Eisenerzlager späterer Entstehung als das Gestein, in welchem sie aufsetzen; sie sind Ausscheidungen aus dem Nebengesteine, und da am reichsten, wo letzteres durch Hebungen stark geklüftet wurde. Sie sind in der Regel fern von Porphyren, Diabasen und Dioriten, wol aber an kalkige Schiefer und Kalkstein gebunden, und setzen äußerst selten in größere Tiefen als 2 bis 300 Fuße nieder, so daß sie als eigentliche Oberflächenbildungen angesehen werden müssen.

Gänge von Quarz, welcher dann und wann pseudomorph nach Schwerspath ist, setzen in großer Ausdehnung im devonischen Gesteine auf; zuweilen ist die Grauwacke dergestalt davon durchschwärmt, daß sie einer Breccie gleicht. Zu dem Quarze gesellt sich zuweilen Spatheisenstein, und alsdann in der Regel Kupferkies, Bleiglanz und Fahlerze. Manche andere Gänge enthalten reichlich Blei= und Silbererze, auch Zinkblende, gediegen Arsenik, Kobalt und Nickelerze; andere sind reich an Kupferverbindungen. Wenn die Gänge in ihrem Streichen oder Fallen andere Gesteinschichten durchschneiden, so ändern sie ihre Erzführung. So können arme oder unhaltige Gänge in der Grauwacke erzführend werden, wenn sie dunkelfarbige Thonschieferschichten erreichen, oder im Schalsteine, wenn sie Eisensteinlager treffen. Als Gänge, welche besonders viel Erze ausgaben, sind die von St. Andreasberg, Klausthal und Zellerfeld zu nennen, aber auch anderwärts, namentlich im Nassauischen und Rheinpreußen, hat diese Formation große Reichthümer an Kupfer, Blei, Zink, Silber, Antimon, Nickel, Kobalt u. s. w. geschüttet.



Fig. 165. Ideale Landschaft aus der Steinkohlenperiode.

C. Carbon- oder Steinkohlenformation.

Nachdem erkannt und anerkannt worden ist, daß zu allen Zeiten auf Erden mächtige Kohlenschichten anwuchsen, und die Steinkohlenformation nur auf ganz unbedeutender Flächenausdehnung ihres weit verbreiteten Terrains Steinkohlen enthält, ist die Bezeichnung Steinkohlenformation streng genommen nicht mehr bezeichnend; dennoch wollen wir sie vorläufig beibehalten, bis dereinst allen Formationen wissenschaftliche Namen beigelegt werden können.

Obgleich die Steinkohlenlager der Silur- und Devonformation aller Wahrscheinlichkeit nach ebenfalls Land- und Süßwasserbildungen sind, so ist bis jetzt doch erst in der Steinkohlenformation der Unterschied zwischen marinen und limnischen Bildungen recht entschieden ausgeprägt aufgefunden worden. Wir haben hier zum ersten Male Veranlassung, die Meerwasser-Niederschläge von denen der ungesalzenen Wasser zu trennen. Die Veranlassung dazu, daß diese Unterschiede hier zuerst besonders stark auffallen, findet sich in den zahlreichen Untersuchungen, welche der Bergbau in den für die Gewerbe so unentbehrlich gewordenen Steinkohlenablagerungen hervorrief. In der Steinkohlenformation wurden umfangreichere

geologische und bergmännische Forschungen angestellt, als in irgend einer andern Formation, und deshalb sind ihre Zustände schon früher genauer bekannt gewesen, als die der übrigen.

Wir trennen die Beschreibung der carbonischen Gesteinschichten in die der Meeres- und Landbildungen, bemerken dazu, daß die letzteren an vielen Punkten die oberste Abtheilung der Formation darstellen, indem sie die Meeresabsätze überdecken und mit ihnen abwechseln. Die Landbildungen sind trotzdem in vielen Fällen gleichzeitig mit den marinen entstanden, was eine sorgsame Untersuchung der Pflanzenreste ergeben wird.

Die Fauna der Steinkohlenformation zählt, weil sie Land und Meer umfaßt, eine große Anzahl Arten und Geschlechter; die Flora ist sehr reich an Arten. Weil bis jetzt vorzugsweise Sumpfbildungen zur Untersuchung kamen, so sind fast nur Sumpfpflanzen aus der Steinkohlenperiode bekannt geworden.

a. Thiere.

Die **Wirbelthiere** aus der Steinkohlenformation bewohnten zum Theil das Land, Sümpfe und Flüsse, zum Theil das Meer. In einem Sandsteine der nordamerikanischen Kohlenformation haben sich Fährten (Fußspuren) eines Vogels gefunden.

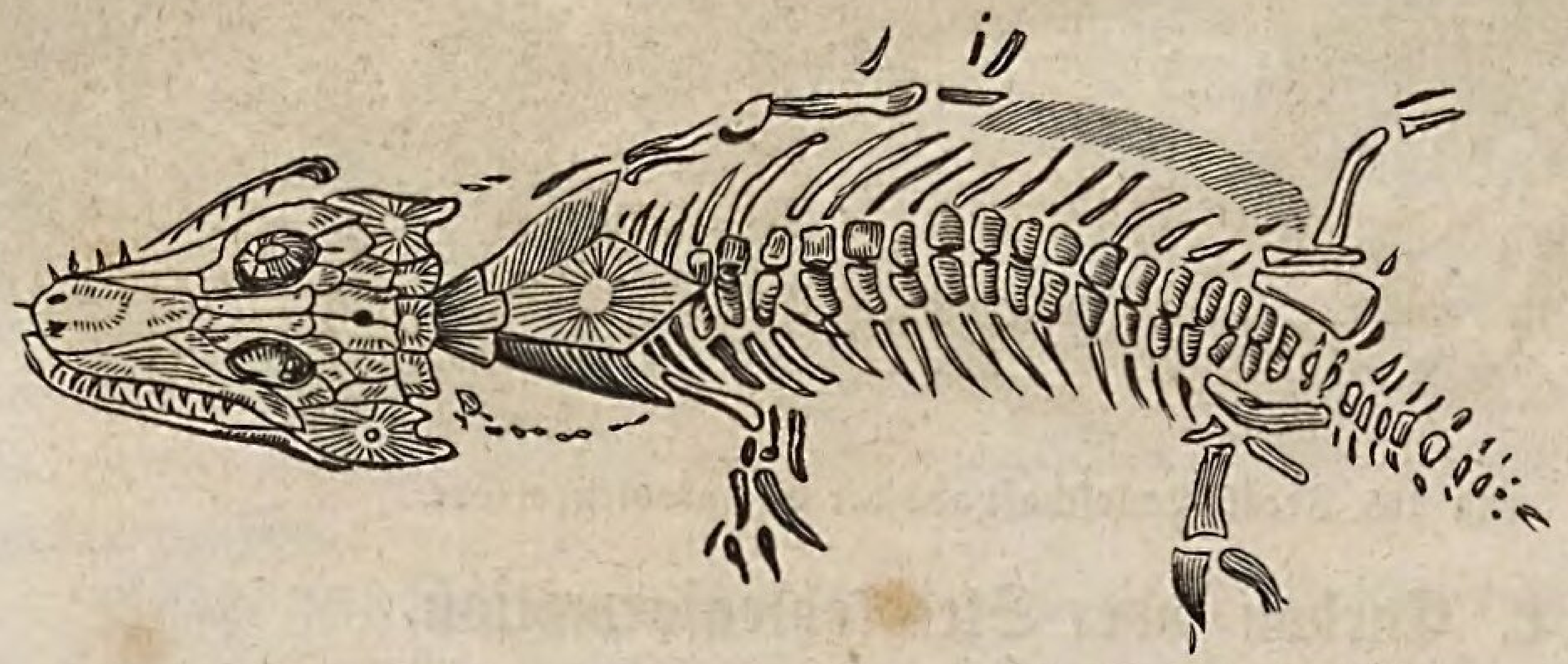


Fig. 166. Archegosaurus Decheni. (Achtzehnmal verkleinert.)

Unter den Reptilien sind die Archegosaurier am vollständigsten bekannt geworden durch die so erschöpfende Beschreibung, welche Hermann von Meyer von diesem krokodilartigen Thiere geliefert hat. Archegosaurus Decheni ist als eben aus dem Ei geschlüpftes und als ausgewachsenes Thier untersucht. In der Jugend hatte das Thier Kiemen und lebte nur im Wasser wie die Molche; im spätern Alter verkümmerten die Kiemen, das Thier konnte auch außerhalb des Wassers zubringen. Ausgewachsene Thiere dieser Art erreichten eine Länge von 10 Fuß. Unsere Vignette Fig. 166 giebt eine aus mehreren sich ergänzenden Skeletten zusammengestellte Ansicht des Archegosaurus Decheni wovon bis jetzt etwa 300 verschiedene Individuen bekannt und untersucht worden sind. Außer dieser Art kommen noch eine breitschnäblige, der Archegosaurus latirostris, und zwei andere Amphibien, Sclerocephalus Haeuseri und Apation pedestris, in der deutschen Steinkohle vor. Die Archegosaurier und der Sclerocephalus haben labyrinthfaltige Schmelzzähne und sind krokodilartig, das Apation ist ein sehr kleines Thier. Alle haben aus Knochen und Knorpel zusammengesetzte Skelette, wie die heutigen

Amphibien, so lange sie sich im Zustande der Entwicklung befinden. Von einem andern Reptile hat man in Amerika im Sandstein abgedrückte Fußstapfen bemerkt.

Fische sind bis jetzt etwa in 160 Arten bekannt, von denen 65 der marinen und 95 der Süßwasser-Bildung angehören. Es ist aber nicht möglich, nach dem Fundorte allein zu entscheiden, welche davon Meer-, und welche Süßwasserbewohner waren, da die Meerfische bekanntlich auch in das süße Wasser gehen. Die größere Anzahl der Fischarten und Individuen liegen in den Sphärosideritnieren der carbonischen Süßwasserbildung. Alle sind ungleichschwänzig und die meisten tragen Schmelzschuppen. Die Geschlechter Palaeoniscus, Amblypterus, Ctenodus und Megalichthys sind am häufigsten.



Fig. 167. Cyclophthalmus Bucklandi.

Unsere Vignette Fig. 134, S. 42 giebt in dem zu oberst schwimmenden Fische eine Vorstellung von Amplypterus.

Luftathmende **Insekten** fanden sich schon mehrfach in den Süßwasserbildungen der Steinkohle, namentlich mehrere Skorpione und Afterskorpione, von denen die eine Art Cyclophthalmus Bucklandi darstellt (Fig. 167). Auch pflanzenfressende Rüsselkäfer (Curculioides) und Grillen (Blattina), Libellen und Fliegen wurden bereits aufgefunden.

Unter den Krebsen oder **Crustaceen** sind die Trilobiten sehr eingeschrumpft; es finden sich nur wenige Arten von neungliedrigen, die in den ältern Formationen selten sind, namentlich Calymenen, Phillipsien und Archegonen. Dagegen sind

Büschelfüßer (Flohkrebse), Cypris, Bewohner der Sümpfe, und Cypridinen und Cytherinen, Bewohner des Meeres, nicht selten. Auch ein Maulfüßer, Bostrichopus, ist beobachtet worden, und Molukkenkrebse (Poecilopoden), den Trilobiten nahestehende Limulusarten, kommen vor.

Von Anneliden haben sich in den Meerabsätzen der Formation etwa 10 Arten finden lassen.

Weichthiere sind in den Salz= und Süßwasserabsätzen der Kohlenformation häufig; man kennt etwa 180 Cephalopodenarten, unter welchen die Orthoceratiten und Goniatiten noch eine große Bedeutung haben. Die Goniatiten dieser Formation unterscheiden sich von denen der Devonformation durch stärker gebogene Loben, wie Fig. 168 zeigt, welche den Aganides Jossae von der Vorderseite uns darstellt. Die Schale dieses Aganides ist gereift, von ihr befindet sich auf dem dargestellten Exemplare noch ein Bruchstück, unter welchem der Steinkern mit den quer durchliegenden Loben hervorsieht. Nautiliten erlangen im Kohlenkalkstein durch die große Zahl ihrer Arten eine wichtige Bedeutung.

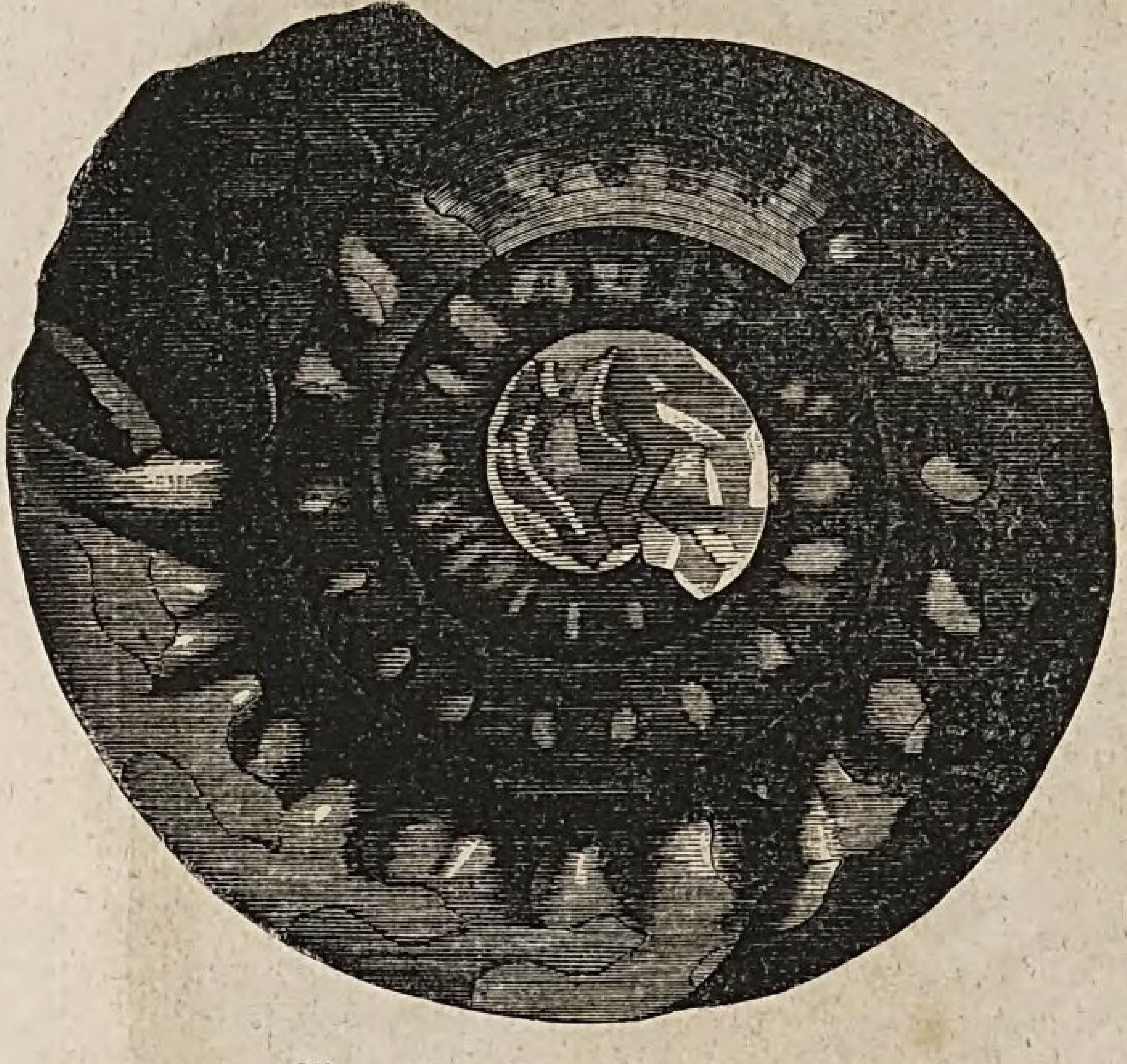


Fig. 168. Aganides Jossae.

Pteropoden sind seltener; es erscheinen nur wenige Conularien und Creseïsarten.

Von Gasteropoden sind, die in dieser Formation aussterbenden Bellerophonarten mit eingerechnet, etwa 300 Arten bekannt, unter denen Pleurotomarien, Euomphalus, Chemnitzien, Bellerophon, Capulus, Nerita, Litorina, Trochus, Turbo, Dentalium, Loxonema, Patella zu erwähnen sind. Viele Arten stimmen mit denen der Devonformation, einige mit denen der Silurschichten überein.

Unter den Conchiferen zeichnen sich Unio oder Cardinia und Cyrenen in vielen Arten als Fluß= und Seeschnecken besonders aus; es finden sich nur wenige mit den devonischen übereinstimmende, die Meeresküste bevölkernde Bivalven, aber eine große Zahl (etwa 230) eigenthümliche, als: Nucula, Arca, Sanguinolaria, Conocardia, Venus, Cucullea, Pecten, Avicula, Pinna und Posidonomya. Namentlich ist Posidonomya Becheri, eine platte, große, fast runde, mit starken Anwachsstreifen versehene Muschel, sehr häufig.

Unter den Brachiopoden zeichnen sich die Productus aus, von welchen wir bei Besprechung des Zechsteines ein Bild geben, und von denen sich auf Fig. 134 (S. 42) unten rechts von dem rundschuppigen Ganoidfische eine Form findet. Sie sind in 70 Arten vertreten und bilden wegen ihrer großen Anzahl von Individuen

die wichtigste Familie der carbonischen Brachiopoden. Auch Chonetes, denen der Devonformation sehr ähnlich, sind sehr verbreitet; wir treffen sie in den Kohlenkalkschichten aller Welttheile in großer Menge.

Leptänen, Orthis, vielfach übereinstimmend mit devonischen Arten, Terebrateln, von denen dasselbe gilt, und Spiriferen kommen in allen Weltgegenden in großer Artenzahl vor. Von Spirifer striatus giebt Fig. 169 eine den innern Bau erklärende Ansicht. a stellt die Muschel von außen, b von innen dar. Die auf konische Spiralen aufgerollten, an kalkige Stützen angelehnten Arme (c ist ein Stück eines solchen vergrößert) sind eingezogen. Die Oeffnung, aus der das Thier seinen Apparat zum Anheften streckte, ist in b zwischen den Kalkstützen auf dem breiten Felde (der Aera) über dem Schloßrande und unter dem überhangenden Schnabel der Bauchschale als rundes Loch angegeben. Diese Spiriferenart ist in der Kohlenformation über die ganze Erde gleichmäßig verbreitet. Dies öftere Vorkommen der Productusarten war die Veranlassung zu dem, dem Kohlenkalkstein beigelegten Namen Productuskalk.

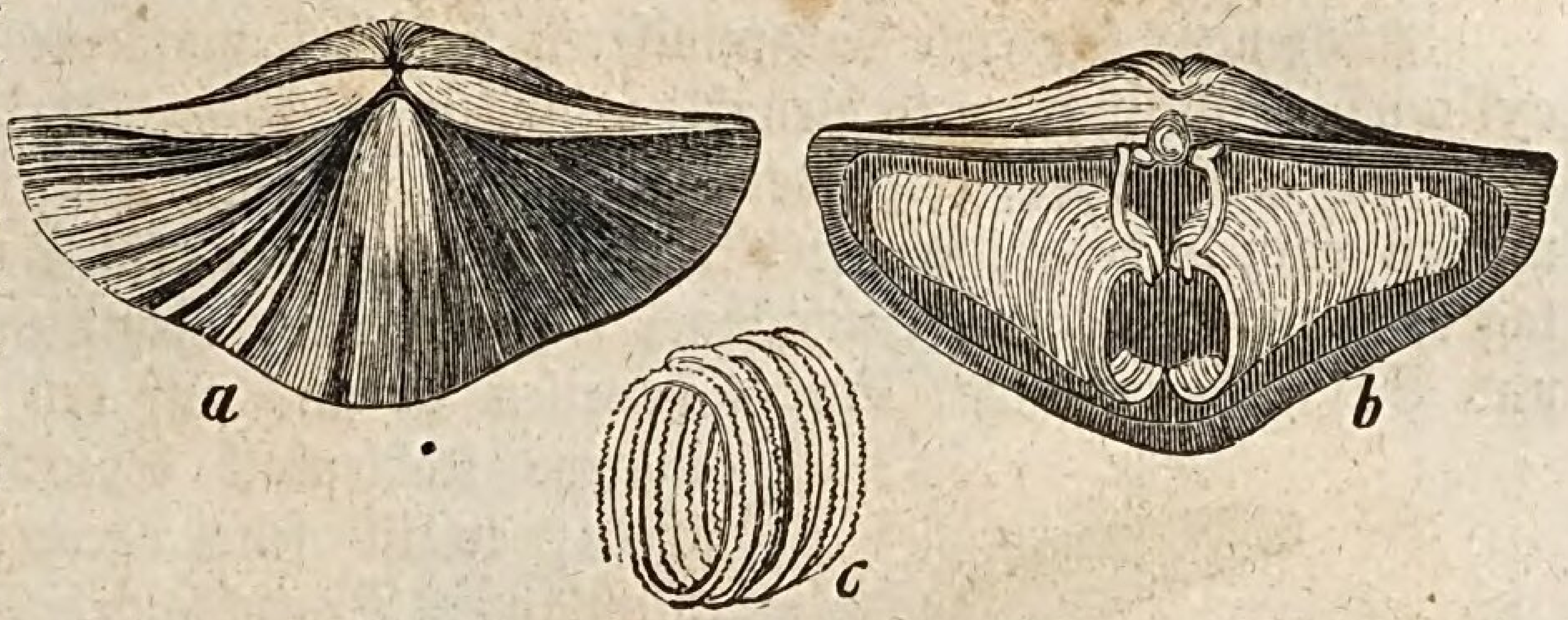
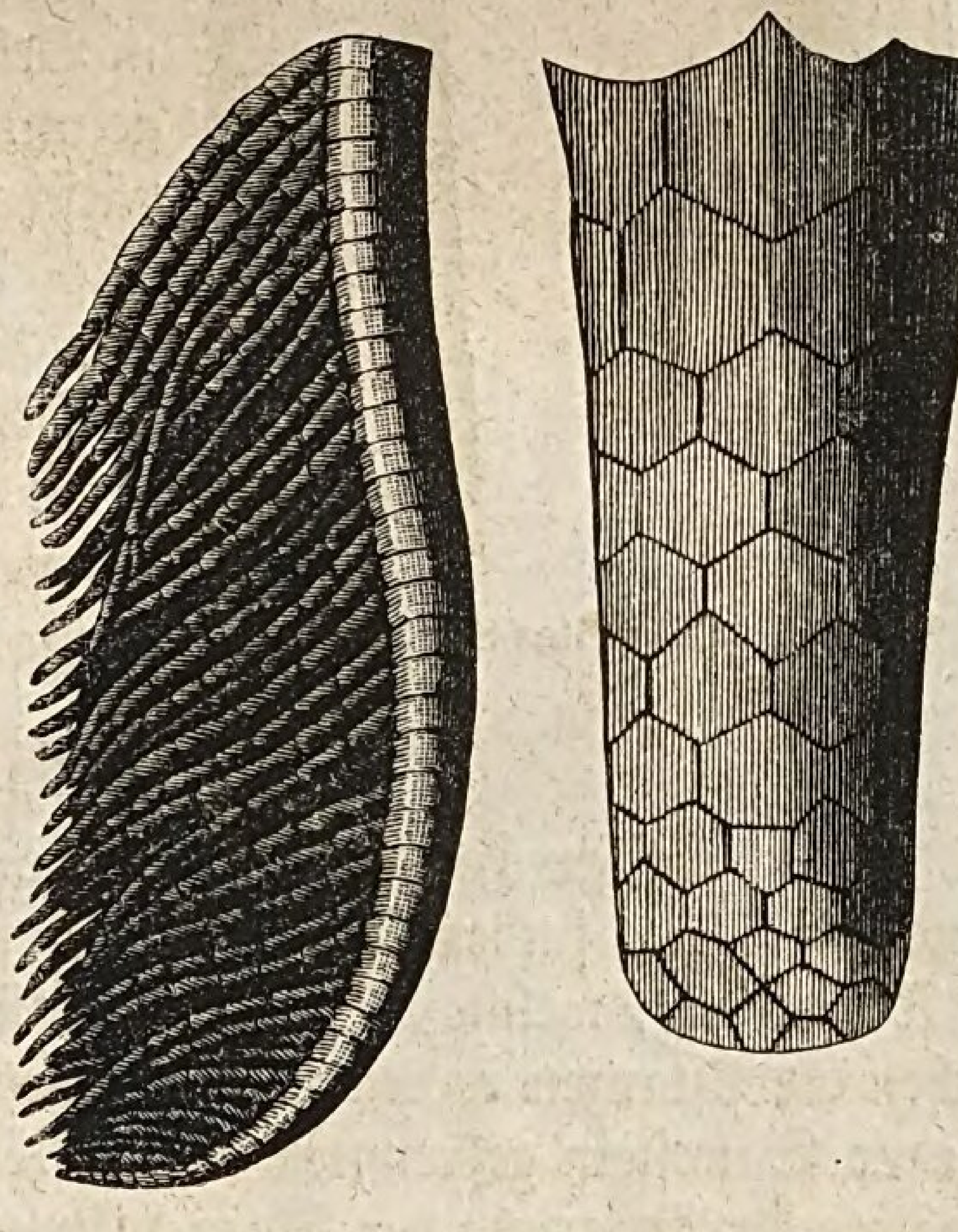


Fig. 169. Spirifer striatus.

Strahlthiere sind auch im meerischen Theile der Kohlenformation sehr häufig. Einige Criniten stimmen überein mit solchen der Devonformation, andere sind der Kohlenformation eigenthümlich. Unter diesen ist Platycrinus triacontadactylus, von welchem Fig. 170 eine Ansicht giebt, anzuführen. Um den, auf einem langen, aus schwächern und stärkern Scheiben gebildeten Stiele sitzenden, in einen langen Conus ausgezogenen Kelch liegen fünf Arme, deren jeder sich wieder in drei Theile spaltet. Die Arme sind nach innen mit gegliederten Fransen besetzt.


Fig. 170. Platycrinus triacontadactylus.

Diese Familie findet sich auch schon im Devonischen; sie erreicht in der Kohlenformation ihre höchste Ausbildung und verschwindet dann. Auch Actinocriniten, Pentacriniten, Cyathocriniten, Melocriniten, denen der Devonformation gleich, sind sehr verbreitet. Cidariten sind selten und nur in wenigen Arten bekannt.

Korallen kommen in großer Zahl vor; die Reteporen gewinnen eine vollkommenere Entwicklung. Calamoporen und Cyathophyllen der Devonformation finden sich auch noch in der Kohlenformation, jedoch nehmen letztere im Allgemeinen sehr ab. Lithostrotien, Caryophyllen, Fusulinen und Chaetetes sind überall verbreitet. Die Carinia-Arten gehören nur dieser Formation an. Man kennt über 250 Korallenartrn aus derselben.

Auch neue Species Foraminiferen sind bekannt; eine davon, die Fusulina cylindrica, ist in allen Kohlenablagerungen der Welt verbreitet.

Die meisten Thierreste kommen in der marinen Abtheilung der Kohlenformation vor; in der Süßwasserbildung, namentlich in dem Dachgestein der Kohlenlager, finden sich nur Fischzähne, Fischabdrücke, Reptilien, Insekten, Cypris und Süßwasserschnecken, letztere zuweilen in und auf den Kohlen selbst. Der marine Kohlenkalk bedeckt große Flächen der Erde; er ist sehr verbreitet in Spitzbergen, Rußland, Deutschland, Frankreich, England, Nordamerika, in Bolivia und Neuholland, und enthält überall zahlreiche Thierreste. Die nordamerikanische Formation hat mit der europäischen nur 31 Thierarten gemeinschaftlich, von welchen zwei auch im Devongesteine sich finden. Auf Spitzbergen kommen dieselben Productusarten, wie in Belgien und Frankreich vor und drei in Bolivia gefundene Productus stimmen vollständig mit europäischen überein.

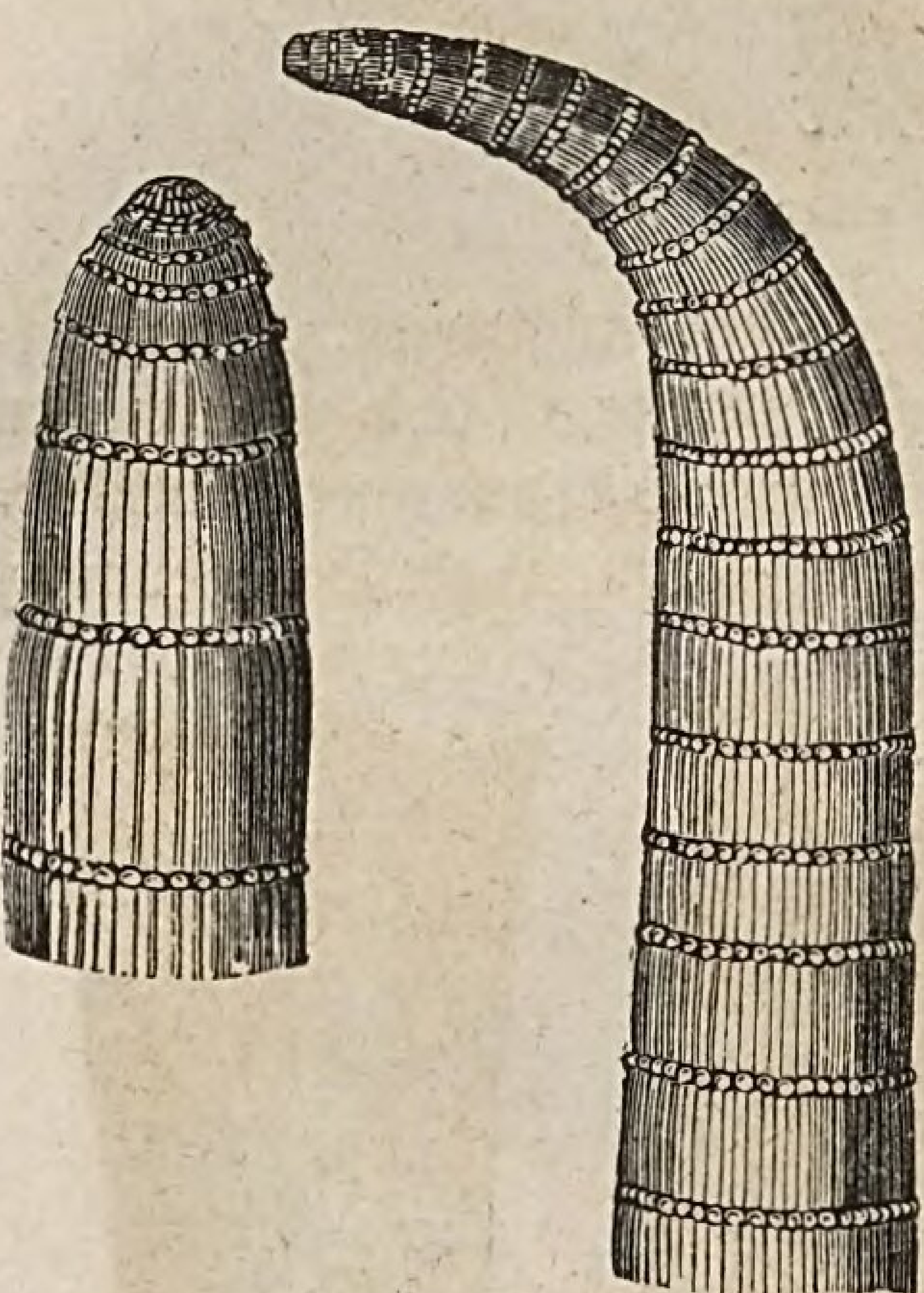


Fig. 171. Calamites Suckowi.

In der australischen Kohlenformation kommen 39 Thiergeschlechter vor, von denen 35 auch in England gefunden wurden; aber nur elf Thierarten aus diesen 35 Geschlechtern stimmten vollkommen mit denen der europäischen Steinkohlenformation überein.

b. Pflanzen.

Außer einigen Fucusarten, welche in den marinen Schichten der Steinkohlenformation liegen, finden sich viele Land- und Sumpfpflanzen, vornehmlich in derjenigen Abtheilung, welche als die kohlenführende bezeichnet wird. Im Allgemeinen weichen die Pflanzen in den verschiedenen über einander liegenden, durch Thonschiefer oder Sandstein getrennten Kohlenflötzen von einander ab, so daß entweder eine allmälige Veränderung der Flora während der Kohlenperiode selbst stattfand, oder vorausgesetzt werden muß, es seien die Pflanzen je nach dem nässeren oder trocneren Standorte verschieden gewesen und hätten auf diese Weise die mit abweichenden Eigenschaften ausgestatteten Kohlenflötze gebildet.

Unter den **Zellenpflanzen** der Kohlenformation finden sich Pilze, Conferven und Algen und es ist sehr wahrscheinlich, daß der bei weitem größere Theil



Fig. 172. Asterophyllum equisetiforme.

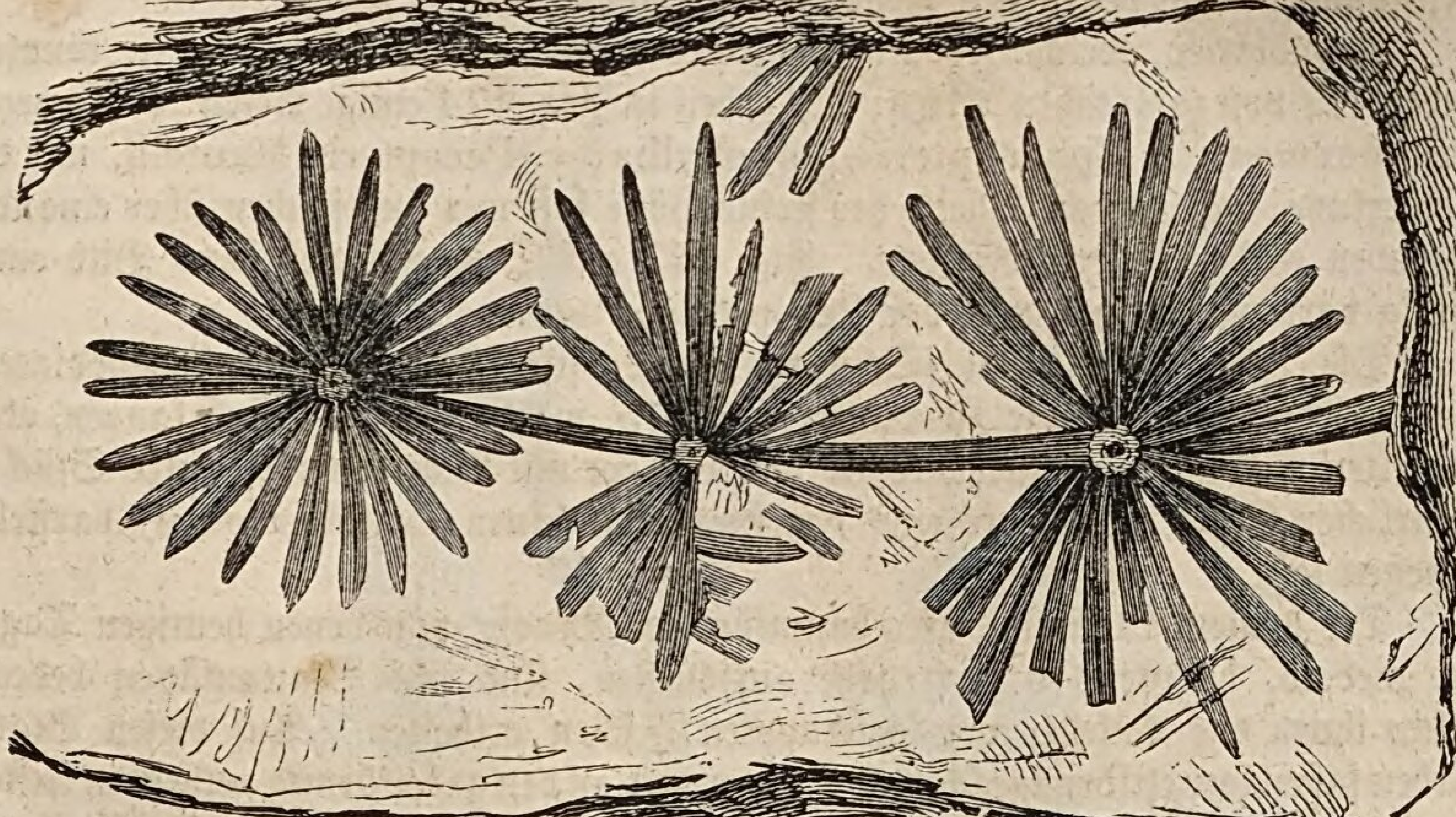


Fig. 173. Annularia longifolia.

der Steinkohlenflötze aus Süßwasserconferven entstand, wie dies bei der Braunkohle und beim Torfe nachgewiesen werden kann.

Unter den **Gefäßpflanzen** zeichnen sich die, den Schachtelhalmen ähnlichen, großen Calamiten aus, von denen Calamites Suckowi Fig. 171 ein Stück darstellt. Solche Calamiten waren 10 bis 20 Fuß lange, 6 bis 15 Zoll dicke Stämme mit Gliedern wie Schachtelhalme, die Glieder griffen mit Zähnelungen in einander und wurden durch schwache Scheidenblätter bedeckt. An ihnen saßen rundum im Kreise gegliederte Aeste, deren Ansatzpunkte auf unserer Fig. 171 sich als runde Knötchen darstellen.

Die Asterophylliten und Sphenophyllen, lange Stengel mit sternförmig angeordneten Spitzen oder keilförmigen Blättern, stehen den Calamiten dem Anscheine nach nahe. Die Asterophylliten hatten zum Theil einige Aehnlichkeit mit Schachtelhalmen, wie das Asterophyllum equisetiforme, wovon wir in Fig. 172 eine Abbildung beigefügt haben.

Die Annularien (Fig. 173 stellt eine langblättrige Art vor) waren Pflanzen, bei denen an den Gliedern langer schwankender Halme längsgerippte Grasblätter in sternförmiger Stellung angeordnet waren. Bei le Treuil, unfern St. Etienne, hat man einen Wald von Calamiten ausgegraben. Die Pflanzen hatten an dieser Stelle, etwa wie Schilfe, im schlammigen Boden der Sümpfe ihre Wurzeln in verschiedener Höhe ausgetrieben.

Von Farnen finden sich nur selten Stämme und Wurzelstücke, welche als Caulopteris und Staarsteine bekannt sind. Es sind dicke kürzere und längere Stämme, deren Oberfläche parallele Längsstreifen hat, zwischen welchen länglichrunde Blattnarben, ohne Gefäßeindrücke stehen. Sie ähneln entfernt den Sigillarienstämmen, von denen wir weiter unten eine Abbildung geben.

Farnblätter, welche jedoch zum Theil auch Sigillarien angehören könnten, finden sich von zahlreichen Arten; wir geben in Fig. 174 einige Arten: a. Neuropteris flexuosa; b. Sphenopteris polyphyllia; c. Pecopteris Mantelli, mit der Bemerkung, daß manche Theile der Kohlenflötze fast nur aus solchen über einander liegenden Fiederblättern bestehen. Fig. 177 auf Seite 80 giebt das Bild eines häufig vorkommenden Farn, der Pecopteris arborescens.

Die Lepidodendren (Schuppenbäume) sind baumförmige Lycopodiaceen oder Kolbenmoose, wie die Zeichnung Fig. 175, welche einen 40 Fuß langen, oben getheilten Stamm verkleinert, rechts daneben ein mit Blättern versehenes Stück in natürlicher Größe und links eine Frucht davon (einen Lepidostrobus) darstellt, schließen läßt.

Die hohlen Stämme dieser baumfömigen Moose, von denen heutigen Tages nur niedere, höchstens 5 Fuß hohe aufschießen, sind mit Blattansätzen bedeckt, welche ihnen das Ansehen von geschuppten Fischen ertheilen. Auf diesen Blattnarben saßen lanzettförmige schmale Blätter und an den gabelförmig getheilten Aesten die einem Bärlappzapfen sehr ähnliche Schuppenfrucht. Es giebt zahlreiche Arten davon, welche sich durch die Form der Schuppen unterscheiden. Eine nahe verwandte Pflanze war die Halonia. In manchen Gegenden stehen die Stämme solcher Schuppenbäume vermischt mit Calamitenstämmen aufrecht in der Kohle und



Fig. 174. *a.* Neuropteris flexuosa. *b.* Sphenopteris polyphyllia. *c.* Pecopteris Mantelli.



Fig. 175. Lepidodendron Sternbergi.

dem dieselbe bedeckenden Dachgesteine, so daß die innere Höhlung durch Schlamm und Gestein erfüllt werden mußte. Solche Bäume sind ohne Zweifel an dem Orte, an welchem sie wuchsen, eingeschlämmt worden.

Unter den Monokotyledonen sind Cycadeen, Gräser und Palmen zu nennen, welche in ihrem Bau mit den jetzigen übereinkommen. Die Cycadeen der Steinkohlenformation waren starke mit Schuppen besetzte Baumstrunke, ihre Blätter sind schilfartige Fieder. Auch ihre zapfenförmigen Früchte sind bekannt. Die Gräser der Steinkohlenzeit gehören den Rohrarten, also im Sumpfe wachsenden, an. Palmen wurden in verschiedenen Gegenden Englands und Amerika's aufrecht stehend gefunden, manche von großer Länge. Sie stehen mit ihren Wurzeln in der Erde fest, während ihre Stämme den um sie angehäuften Sandstein durchragen.

Sehr bemerkenswerth sind die Sigillarien, die Siegelbäume, der Steinkohle; es sind Bäume, deren Stämme Holzstruktur und Spiralgefäße haben und zu den Dikotyledonen gerechnet werden. Im Kerne der Stämme findet sich ein Mark; ihre Rinde ist mit senkrecht hinauf laufenden Leisten besetzt, zwischen denen die mit Nervenabdrücken versehenen Blattnarben regelmäßig abwechselnd sitzen. In Fig. 176 ist ein Stück vergrößert und ein anderes in natürlicher Größe dargestellt. Der mit zwei Halbkreisen umfaßte Punkt auf der ausgebogen oblongen Blattnarbe ist der Nerv des Blattes. Die Blätter saßen spiralig geordnet am Stamme und den Zweigen, wie die Nadeln an den Tannen; es waren vielleicht die so oft in der Steinkohle gefundenen sogenannten Farnfieder. Die Siegelbäume haben lange mit zapfenartigen Fasern besetzte Wurzeln, die gewöhnlich in dem unmittelbar unter den Steinkohlenflötzen liegenden, feinen Sandstein und Thonschiefer gefunden werden. Man nennt sie Stigmarien und hielt sie lange Zeit für eine besondere Pflanzenart, bis sie im Zusammenhange mit Sigillarienstämmen gefunden wurden. Diese Pflanzenart gehörte in der Steinkohlenzeit zu den sehr verbreiteten; sie kommt so häufig umliegend und aufrecht stehend vor, daß sie als diejenige anzusehen ist, welche die größere Menge der Kohlen gebildet hat.

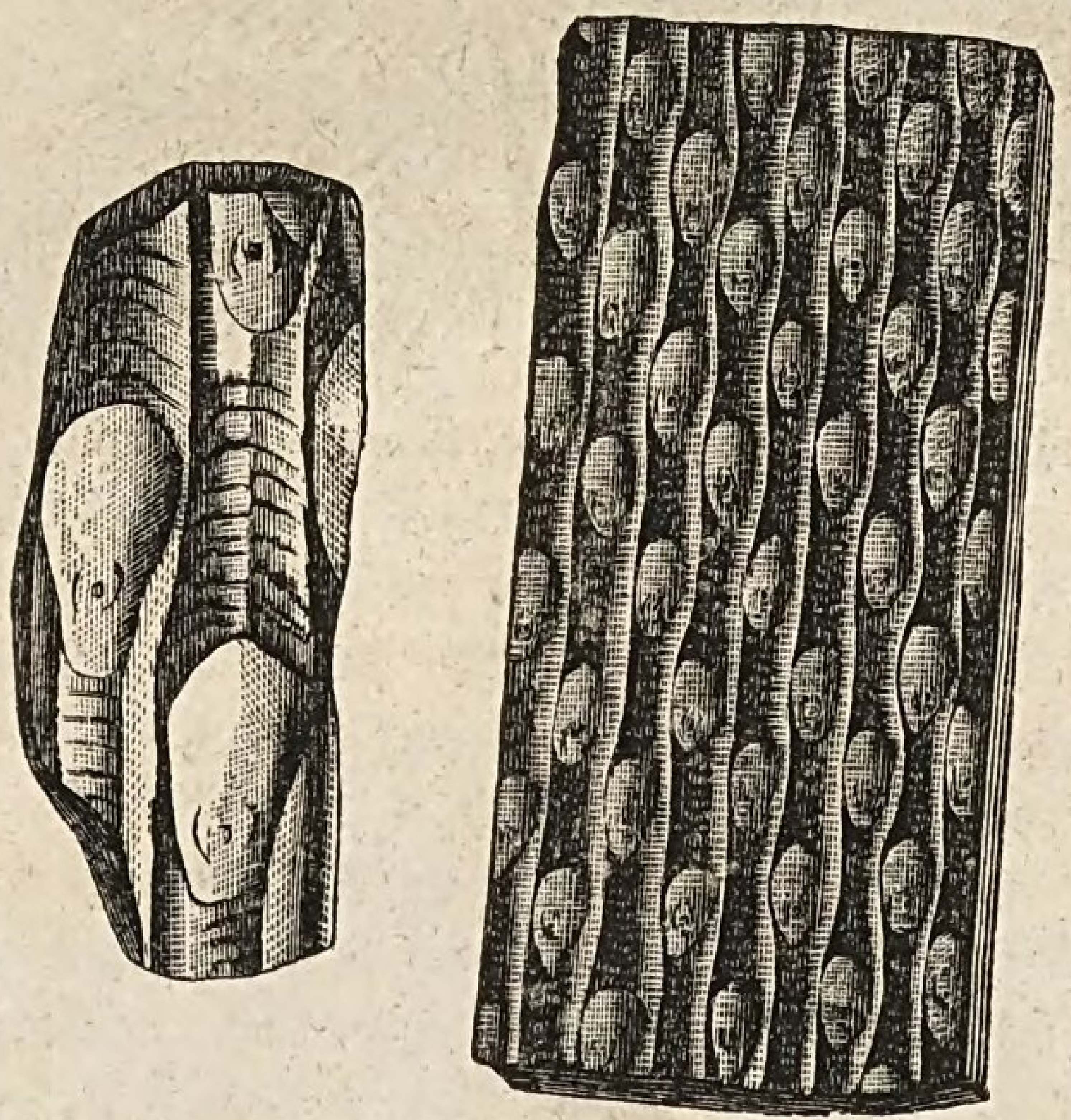


Fig. 176. Stammstück von Sigillaria Groeseri.

Tannenarten, namentlich Pinus und Araucarien, kommen weniger in der Steinkohle, als in den dieselbe begleitenden Sandsteinlagern stehend vor. Diese Tannen wuchsen nicht im Sumpfe; sie geriethen deshalb nur zufällig in die Kohlensümpfe herein, wurden dagegen in unglaublicher Menge im Sand verschüttet zu Stein.

Die unter dem Namen Knorria aufgeführten Stämme ähneln den Taxusbäumen; die Sternbergien sind manchen Jacca-Arten ähnliche Gewächse.

Die Anzahl der in der Kohlenformation bis jetzt aufgefundenen Pflanzenarten ist nicht besonders groß; es sind:

Diatomeen	6	Arten
Pilze	4	"
Conferven } Algen }	11	"
Moose	2	"
Lycopodien	6	"
Lepidodendren	13	"
Sagenarien	4	"
Calamiten	14	"
Equiseten	1	"
Asterophylliten, Annularien	11	"
Sphenophylliten	5	"
Farne (und Sigillarienfieder ?)	80	"
Sigillarien	18	"
Knorrien und Sternbergien	10	"
Cycadeen	5	"
Gramineen	1	"
Palmen	3	"
Pinus und Araucarien	10	"
Im Ganzen	204	Arten.

Von den Thieren dagegen ist bereits eine große Anzahl bekannt; außer mehrern Arten Infusorien sind es folgende:

Foraminiferen	12	Arten
Korallen	148	"
Haarsterne } Seesterne } Seeigel }	110	"
Brachiopoden	200	"
Conchiferen	280	"
Gasteropoden	320	"
Cephalopoden	190	"
Pteropoden	2	"
Gliederwürmer	10	"
Insekten	10	"
Molukkenkrebse	8	"
Trilobiten	12	"
Büschelfüßer	20	"
Maulfüßer	1	"
Fische	160	"
Amphibien	5	"
Vögel?	1	"
Im Ganzen	1489	Arten.



Fig. 177. Pecopteris arborescens.

1. Sedimentgesteine der Steinkohlenformation.

Die Kohlenformation besteht aus Absätzen des Meeres und aus solchen, welche in Seen, Flüssen und Sümpfen auf dem Festlande entstanden. Die Art der Gesteine scheidet sich demgemäß in zwei Hauptgruppen, welche sich ergänzen und vertreten, so daß man zwar an einzelnen Punkten der Erde die Landbildungen für die auf den Meeresabsätzen liegenden, also jüngern Gesteine, erkennen, nicht aber allgemein die Behauptung wagen kann, daß deshalb alle in der Kohlenformation vorkommenden Kohlenlager und Landbildungen durchweg jünger als deren Meeresbildungen seien. Viele dieser auf devonischem oder auf Granit, Gneus und anderem metamorphosirten Gesteine liegenden Steinkohlenlager können sehr wohl den marinen Kohlenkalken gleichzeitig sein. Da sich aber die marinen Schichten wesentlich von den Landbildungen unterscheiden, so nehmen wir Veranlassung zu einer getrennten Beschreibung derselben.



Fig. 178. Steinkohlenformation.
D. Devonformation; 1. Culm= oder Kiesel= und Posidonomyenschiefer nebst Plattenkalk; 1. Posidonomyenschiefer; 2. Steinkohlen des Culm; 3. Flötzleerer Sandstein; 4. Mariner Steinkohlenkalk 5. Productives Steinkohlengebirge; 6. Oberer Sandstein; F. Felsit; M. Melaphyr.

a. Meeresabsätze der Steinkohlenformation.

Die Meeresbildungen der Kohlenformation sind am Strande oder in der Hochsee entstanden. Die tieferen Schichten bestehen in Deutschland aus 30—40 Fuß mächtigem kalireichen schwarzen Kieselschiefer, welchem schwarzer Thonschiefer mit Posidonomya Becheri und einigen wenigen andern Mollusken folgt. In dieser Schicht stellen sich offenbar vom nahen Lande her eingespülte Farne, Sagenarien, Calamiten, Palmen (Nöggerathien) und andere Pflanzen ein; wo sie in Sümpfen vereinigt standen, gaben sie Veranlassung zu stärkern Steinkohlenlagern. Sowol Kieselschiefer als Thonschiefer enthalten sehr oft Kupferkies, Schwefelblei, Eisenkies als Pseudomorphosen nach organischen Formen und die aus der Zersetzung dieser Metalle hervorgehenden Salze, so daß namentlich der Kieselschiefer selbst bei geringem Metallgehalte als Erz für die Kupferdarstellung mittelst Säuren und Cementation dienen kann. Bemerkenswerth ist, daß mit jenen Erzen oft auch sehr geringe Goldmengen im Kieselschiefer vorkommen. Die Eder in Hessen verdankt diesem Gesteine ihren Goldsand.

Zuweilen gesellt sich dem Posidonomyenschiefer Kalk zu, welcher als schwarzer Marmor verarbeitet wird. Auf den Thonschiefer folgen Sandsteine, welche der im Harze auftretenden Grauwacke ähnlich sehen, und am Rhein flötzleere Sandsteine genannt werden. Ein großer Theil dieser fast niemals thierische und nur selten und stellenweise pflanzliche Reste umhüllenden Gesteine dürften Dünen- und Wüstenbildungen sein; sie umlagern die devonischen Gesteine Hessens und Nassaus, verbreiten sich unter den jüngern Formationen bis an den Harz nach Thüringen und Sachsen, wo sie verschiedene Steinkohlengebilde enthalten.

Der Kalkgehalt des unter dem flötzleeren Sandstein liegenden Thonschiefers häuft sich zuweilen; es sondern sich Knollen und Lager von schwarzem, Pflanzenreste enthaltendem Kalksteine darin aus; ja an manchen Orten gewinnt der letztere sogar die Oberhand und bedeckt große Flächen Landes. Dieser Kalkstein ist alsdann das wichtigste Glied der ganzen Formation und wimmelt von Versteinerungen, welche sämmtlich Meeresbewohner waren. Solcher marine Kohlenkalk gehört in Deutschland zu den Seltenheiten; er findet sich nur in Oberschlesien, in Ober=

franken und in Westfalen. In der letztern Provinz beginnt der Kalk im Osten der Formation als vereinzelte Zwischenlager im Thonschiefer und Sandsteine, gewinnt gegen Westen eine immer größere Bedeutung und verdrängt endlich in Belgien die übrigen Gesteine gänzlich. Gleicher Weise nimmt im Osten Deutschlands, in Rußland der Kohlenkalk eine große Ausdehnung an, und stellt außer wenigen Sandsteingebilden auf vielen Tausend Quadratmeilen die ganze Formation dar. Es erscheint sohin die norddeutsche Kohlenformation in ihren untern Abtheilungen als ein mehr schlammiges Strandgebilde, an dessen beiden Seiten östlich und westlich sich Kalkabsätze eines flachen Meeres ansammelten.

Auch in Großbritannien findet ein ähnliches Verhalten statt, indem der Kohlenkalk in Irland fast allein die Formation ausmacht, und über Tausend Quadratmeilen Fläche bedeckt, in England allerdings eine sehr bedeutende Rolle spielt, aber doch mehr mit Thon und Sandstein wechselt. Auch in Nordamerika ist der Kalkstein vorherrschend und bedeckt mehrere Tausend Quadratmeilen. Ueberall wo er in solcher Flächenausdehnung auftritt, ist er sehr mächtig und erreicht oft eine Dicke von 700 bis 1200 Fuß. Es wechseln dann zuweilen Dolomit, Gyps und Salzthonschichten mit Kalkstein ab. — Die Verschlingung der Kalklager mit den Thonschiefern und Sandsteinen giebt ein sehr treffendes Beispiel für die gleichzeitige Entstehung verschiedener Felsarten aus einem und demselben Ocean; sie beweist uns, wie die Substanz der Gesteine abhängt von den Verhältnissen des Festlandes zum Meere.

Ueberall befinden sich die Sand- und Schiefergesteine, wie auch der Kohlenkalk in concordanter Lagerung mit den unter ihnen liegenden devonischen Schichten, so daß, da auch zahlreiche Thier- und Pflanzenarten aus diesen in jene herübergehen, keine bestimmte Grenze zwischen diesen beiden paläozoischen Formationen gezogen werden kann. Selten liegen, wie in Berwickshire, reiche Kohlenflötze u n t e r dem marinen Kohlenkalksteine, noch seltener i n ihm; gewöhnlich ist er nach oben ganz unbedeckt oder von weit jüngern Formationen überlagert. Nur auf beschränkten Oertlichkeiten hat sich Sand und Thon auf ihm gesammelt, über welchen sich die Landbildungen der Formation, die Kohlenflötze, entwickelten.

b. Landbildungen der Steinkohlenformation.

Der flötzleere Sandstein des mittlern und nördlichen Deutschlands, der Flugsand mit Sigillarienwurzeln (Stigmariensand) Rußlands, der Millstone-grit (Mühlsteinsandstein) Großbritanniens sind sehr oft Dünenbildung, entstanden aus der Anhäufung des von den Wellen an das Ufer geworfenen, vom Winde über Land geführten Sandes. An einzelnen Orten, wo sich zwischen diesen Dünenhügeln Wasser sammeln konnte, in Lagunen und ausgedehnten Sümpfen wuchsen Pflanzen, deren Wurzeln (Stigmarien) wir in der Unterlage aller bekannten Kohlenlager finden. Die Stängel und Blätter dieser Pflanzen lieferten gemeinschaftlich mit Conferven und Moosen die Substanz zu jenen mächtigen Kohlenflötzen, deren Ausbeutung einen so großen Einfluß auf den Wohlstand und die Gesittung der Völker ausübt.

In manchen der Küste ferner liegenden Gegenden des während der Entwicklung der Kohlenformation bestehenden Festlandes hatten sich aber schon Sümpfe gebildet, in welchen sich ebenfalls Torf ansammelte. Dahin gehören in Deutschland die Steinkohlenlager in Sachsen (Zwickau und Plauenscher Grund), in Böhmen, in Oberfranken, im Schwarzwalde, an der Saar, sowie die meisten in Frankreich vorkommenden Steinkohlen, welche sämmtlich auf devonischen, silurischen oder krystallinischen Schiefergesteinen ruhen, und die marinen Absätze der sogenannten Steinkohlenformation nicht zur Unterlage haben.

Die belgische, westfälische und schlesische Steinkohle ruht auf Thonschiefer mit Stigmarien; zwischen den über einander liegenden Flötzen liegt ebenfalls Schieferthon und feinkörniger Sandstein. In dem, die Kohlenlager unmittelbar berührenden Jachletten ist ein großer Reichthum von Fiederblättern aller Art und von abgeplatteten oder runden Sigillarien- und Calamitenstämmen, während der obere Theil derselben Schieferthonbank, da, wo sie die Unterlage eines höheren Kohlenflötzes bildet, wiederum Stigmarien enthält. Wir sehen also unter jedem Kohlenflötze die Wurzeln, über jedem die Blätter in dem Gesteine abgedrückt und werden

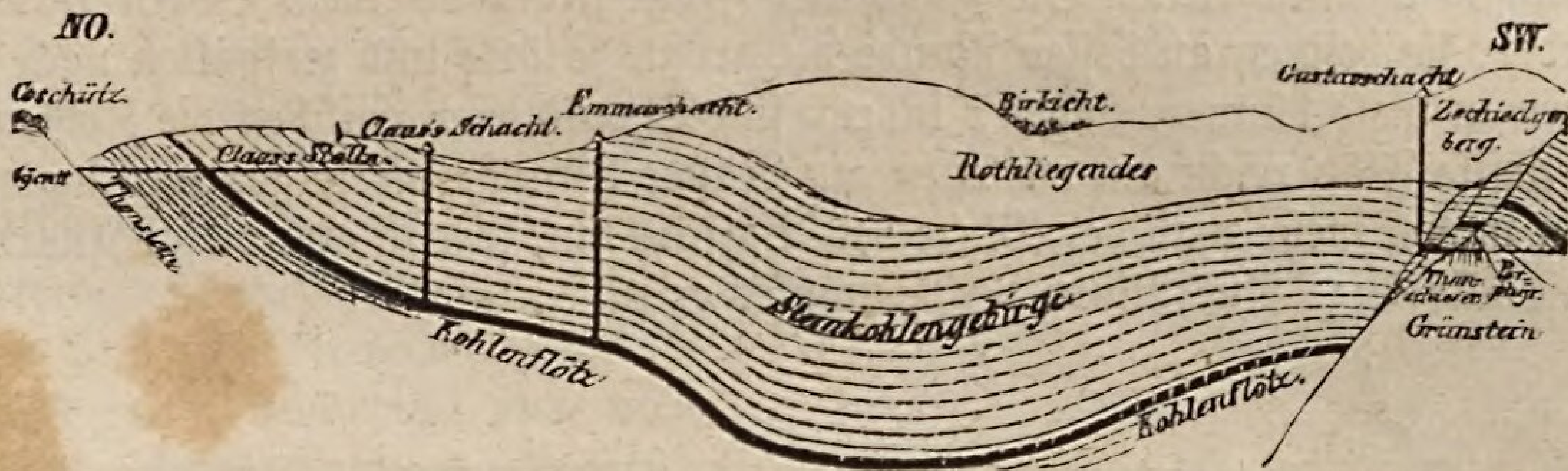


Fig. 179. Querdurchschnitt des nordöstlichen Theiles der Potschappeler Kohlenmulde.

hierdurch zu der Ansicht geführt, daß die Pflanzen an dem Orte ihres Wachsthumes zu Kohlen geworden und nicht angeschwemmt sind. Die Kohlenflötze liegen in solchen Thonschiefern und Sandsteinen in größerer und geringerer Anzahl über einander, sie setzen im Verlaufe ihrer Ausdehnung zuweilen aus, als ob in dem Torfsumpfe, worin sie entstanden, inselartige Hervorragungen bestanden hätten, welche nun aus den Kohlenflötzen hervorstehen; sie spalten sich zuweilen in mehrere Theile, indem sich stellenweise Schlamm zwischen sie legte.

Auch bei denjenigen Steinkohlenflötzen, welche mehr im Innern der alten Festländer als Sumpfbildungen entstanden, wie bei den saarbrücker, böhmischen, erzgebirgischen und bei den südfranzösischen, wird zu unterst auf den Unterlaggesteinen der ganzen Formation ein Haufwerk von Bruchstücken, bedeckt durch feinere Sand- und Thonmasse, beobachtet. Also auch damals wandelte sich unter der Einwirkung der in Sümpfen verwesenden Pflanzen ganz in ähnlicher Weise wie heutigen Tags der Thonschiefer und Granit in Thon und Breccie um.

In der Zwickauer Kohlenmulde bestehen die Steinkohlenflötze aus Sigillarien, Lepidodendren, Calamiten und Farnen. Die Lager, in welchen Sigillarien und Lepidodendren vorherrschen, enthalten eine dichte pechartige Backkohle, während die,

in welchen Calamarien dominiren, eine rußige, leicht zerfallende, anthrazitartige Sandkohle führen. Es geht hieraus hervor, daß die Beschaffenheit der Steinkohle von den Pflanzen abhängig ist, aus denen sie ursprünglich entstand. Geinitz fand in den sächsischen Steinkohlenflötzen verschiedene Pflanzenarten über einander. Jedes Flötz hat seine besondere Flora: das tiefste mehr Sigillarien, das zweite mehr Calamiten, das dritte Annularien, das vierte Farne u. s. w. Es ergiebt sich daraus von selbst die Aufeinanderfolge der Sumpfpflanzen, welche im tiefern, und welche im flachern Sumpfe gedeihen konnten. Die Sigillarien bildeten vielleicht einen versunkenen Wald, über welchem alsdann die Torfbildung regelmäßig voranschritt. Die Zwickauer Flötze liegen in einem Becken flach über einander, sie besitzen an dessen Rande die größte Stärke und zerspalten nach dessen Innern in viele dünnere Lagen, indem sich Thonschiefer zwischen die Kohlen legt. Das tiefste Flötz reicht am weitesten am Rande herauf, die folgenden jüngern beginnen immer mehr nach der Mitte des Bassins hin, so daß aus dieser Anordnung sich die allmälige Ausfüllung des Sumpfes erkennen läßt.

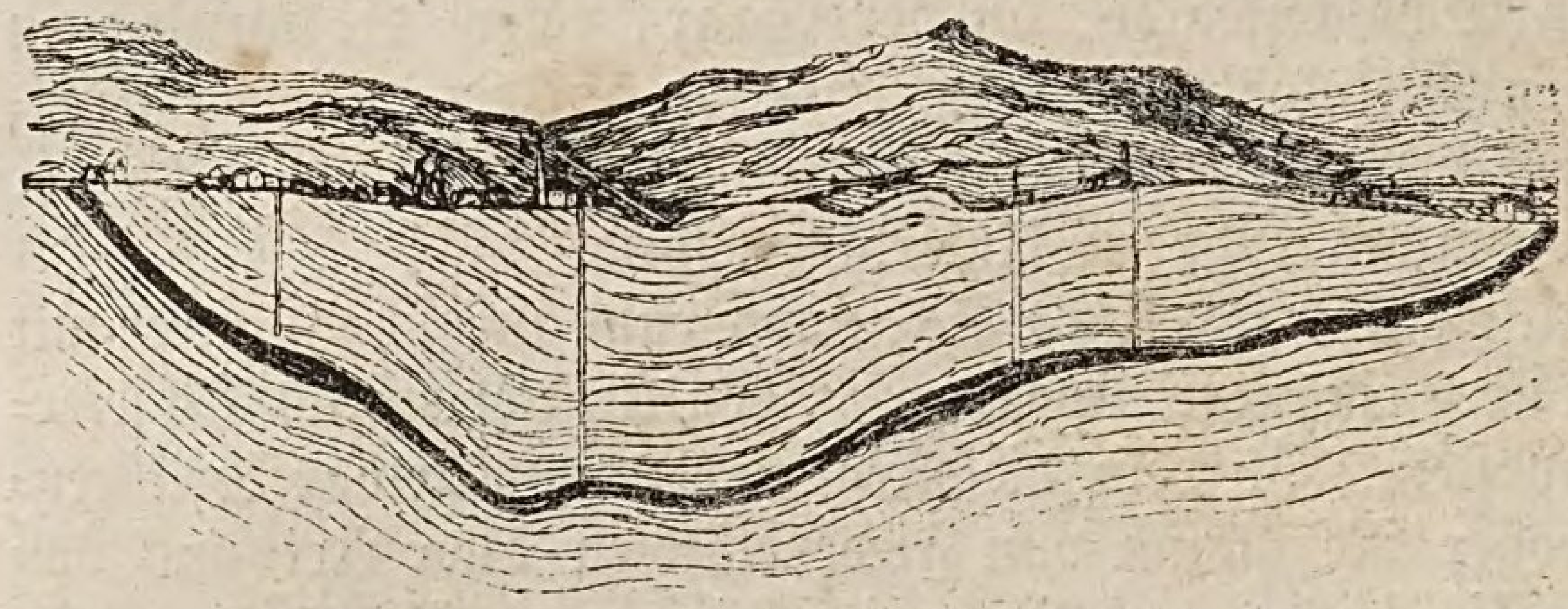


Fig. 180. Querdurchschnitt des Steinkohlenbeckens von Rive-de-Gier.

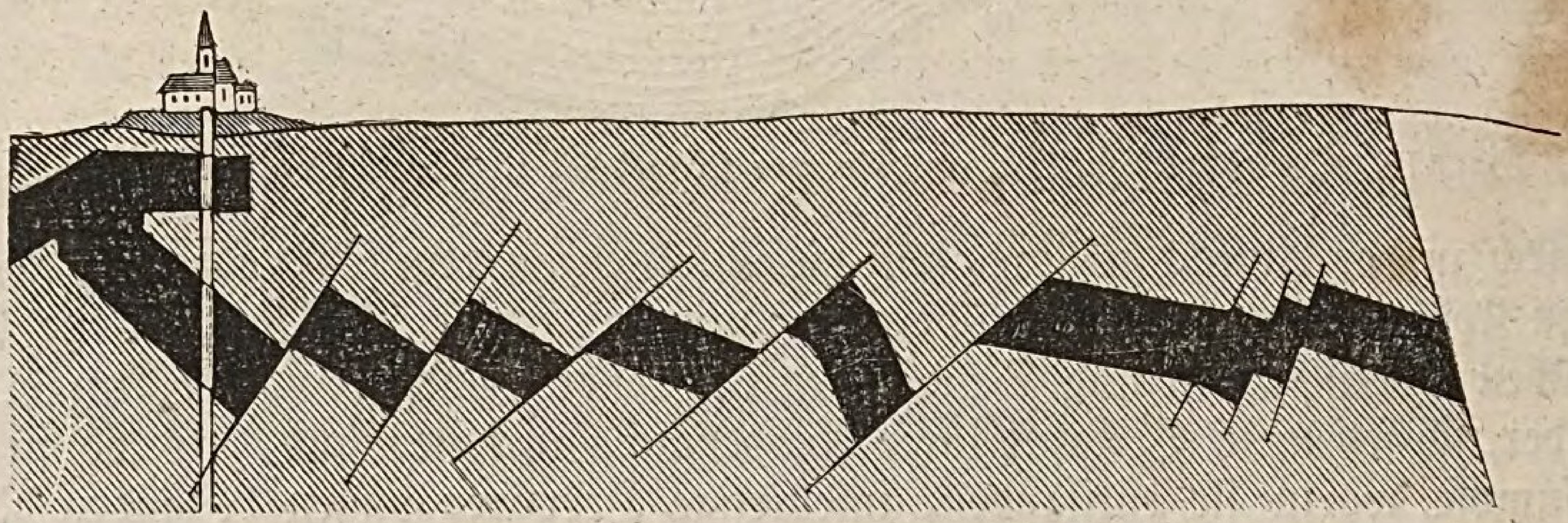


Fig. 181. Vielfach verworfenes Kohlenlager bei Vieille-Pompe.

Auch die auf dem Kohlenkalke entwickelten russischen, belgischen, englischen und amerikanischen Steinkohlen haben zu ihrer unmittelbaren Unterlage den als Strand- und Dünenbildung anzusehenden flötzleeren Sandstein (Millstone-grit) und Schieferthon mit Stigmarien; auch dort herrscht dieselbe Anordnung der Zwischenlager wie in Deutschland. Ueberall werden die Steinkohlen von Sphärosideritlagern begleitet, in welchen Pflanzen- und Thierreste in Menge vorkommen; es wird davon weiter unten noch die Rede sein.

Alle Steinkohlen sind bedeckt durch Thon- und Sandgesteine, welche entweder zu Schieferthon und Sandstein erhärteten, oder aber als lockere Massen bis auf unsere Tage gekommen sind.

Die Dachsandsteine der Kohlenformation sind gewöhnlich grobkörnig, grau, zuweilen auch roth, und gehen oft in Conglomerate über. Sie sind zuweilen Arkosen und enthalten viel Feldspath, so daß sie ein granitartiges Ansehn gewinnen. Es findet dies statt in den Vogesen, im Schwarzwald, in Südrußland und anderwärts, wo über die Kohlenformation heraus Granit ansteht. An andern Punkten Rußlands, in Oberschlesien, Galizien und in Virginien besteht das Dachgestein vielfältig aus losem, beweglichem Sande, welcher weit ausgedehnte unfruchtbare Steppen und pflanzenlose Wüsten bildet.

Kalkstein, namentlich Süßwasserkalk mit Cyrenen und Unionen, findet sich in England und Amerika über und zwischen den Kohlenflötzen; jene Süßwassermuscheln kommen selbst unmittelbar über den Kohlen und in sie eingedrückt vor. Kieselsinterartige Ablagerungen von Hornstein und gebrannte Thonlagen (Thonstein), durch Kohlenbrände gewissermaßen gefrittete Gesteine, finden sich sowol in Nordamerika, als auch in Deutschland im Kohlendache. Die Lagerung der Steinkohlenformation ist sehr mannchfaltig. In Rußland, Galizien, Polen, Schlesien, Böhmen, Sachsen und in Nordamerika liegen die Schichten schwach geneigt, fast horizontal; die kohlenführenden Bassins bilden mehr oder weniger ausgedehnte flache Becken auf der Unterlage, in welchen gewöhnlich mehrere bauwürdige und viele schwächere Kohlenschichten über einander entwickelt sind. Am Rande sind solche Ablagerungen zuweilen durch Hebungen zertrümmert und zerstückt, wie diejenige von Potschappel bei Dresden (s. Fig. 179 auf Seite 83). Zu dieser Zeichnung, auf der die Höhen zehnmal größer als die Längen dargestellt wurden, damit die Niveau-Unterschiede besser ins Auge fallen, ist kaum eine Erklärung nöthig.

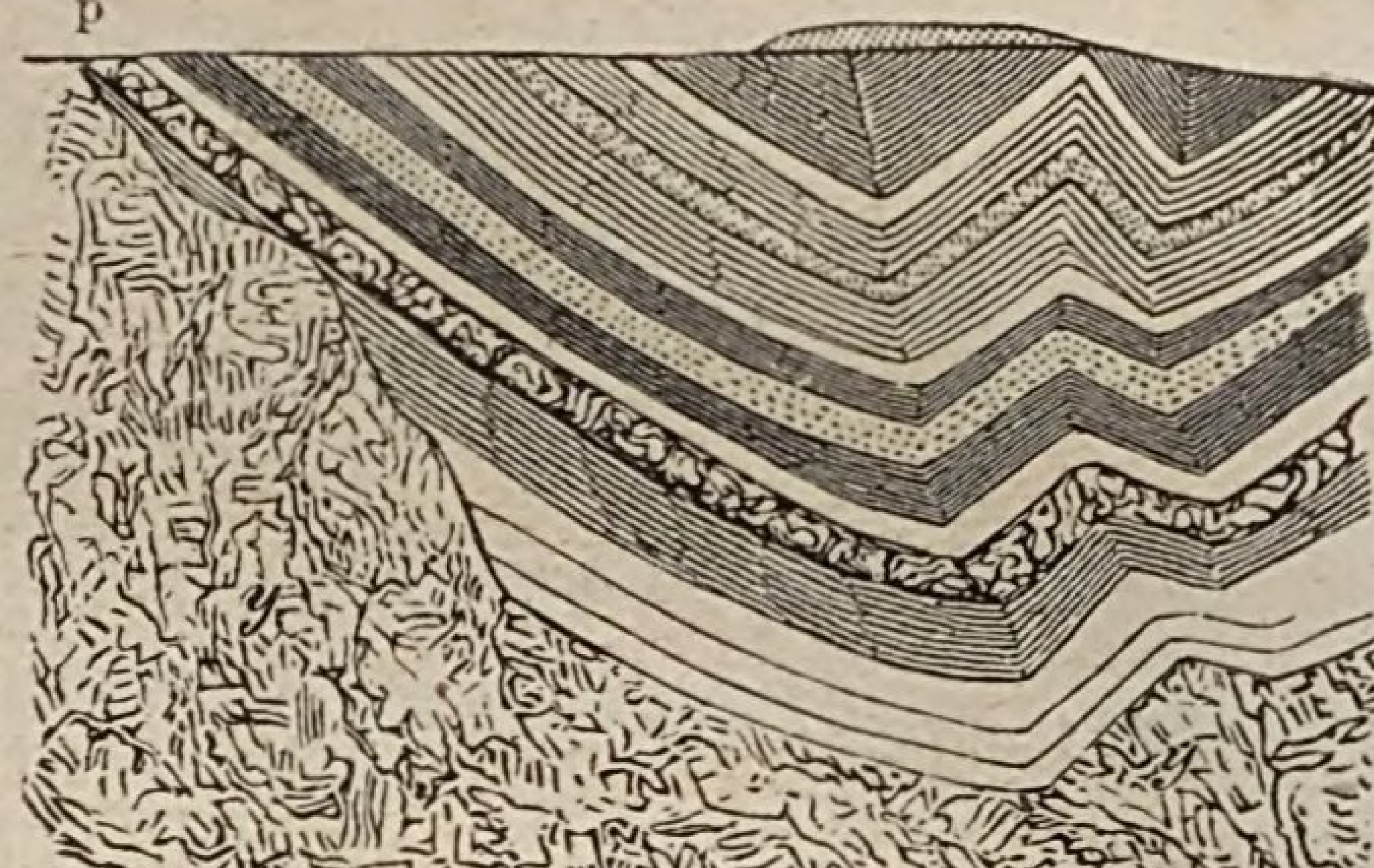


Fig. 182. Querdurchschn. des Kohlengebietes von Brassac.

Eine ähnliche flache Mulde stellt die Vignette Fig. 180 dar, welche einen Querdurchschnitt des Steinkohlengebirges von Rive-de-Gier giebt. Nicht selten ist aber auch die Formation durch stärkere Hebung und Senkung ihrer Unterlage in starke Falten gelegt; die Schichten sind steiler einfallend, vielfältig gewunden, geknickt und durch Querklüfte verschoben.

Als ein einfacheres Beispiel der Art führen wir die Lagerung eines Kohlenflötzes von Vieille-Pompe in Belgien an, wovon Fig. 181 ein Bild giebt. Die Kohlenflötze sind in diesem Falle durch Querklüfte zerrissen und verschoben. Fanden solche Verschiebungen der Flötze in sehr großem Maßstabe statt, so konnte es namentlich bei steiler Schichtenstellung das Ansehen gewinnen, als ob eine große Anzahl von Flötzen steil geneigt hinter einander lägen. In solchen Fällen entscheidet nur die genaueste paläontologische Untersuchung der einzelnen Flötze; wenn sie eine gewisse in den hinter oder über einander liegenden Kohlenschichten sich

wiederholende Reihenfolge der Pflanzenarten erweist, so sind die Angaben über die Anzahl der daselbst vorliegenden Flötze mit großer Vorsicht aufzunehmen. Täuschungen über die Anzahl der Flötze sind in solchen Fällen leicht möglich; sie können in dem Bassin in viel geringerer Zahl vorhanden sein, als man nach Maßgabe der durch nicht sehr in die Tiefe eindringenden Bergbau aufgedeckten Lagerungsverhältnisse annahm.

Zuweilen finden sich die Flötze wie in unserer Fig. 182, welche ein Stück des Kohlengebietes von Brassac darstellt, im Zickzack gebogen, ja es kommt vor, daß an den Rändern der Mulden solche Zickzackbiegungen in senkrechte Lage versetzt sind, wodurch dann ein und derselbe Schacht ein einziges Flötz mehrfach durchsinkt. Eine solche Lagerung findet sich in der Mulde von Mons, wovon Fig. 183 ein Bild giebt.

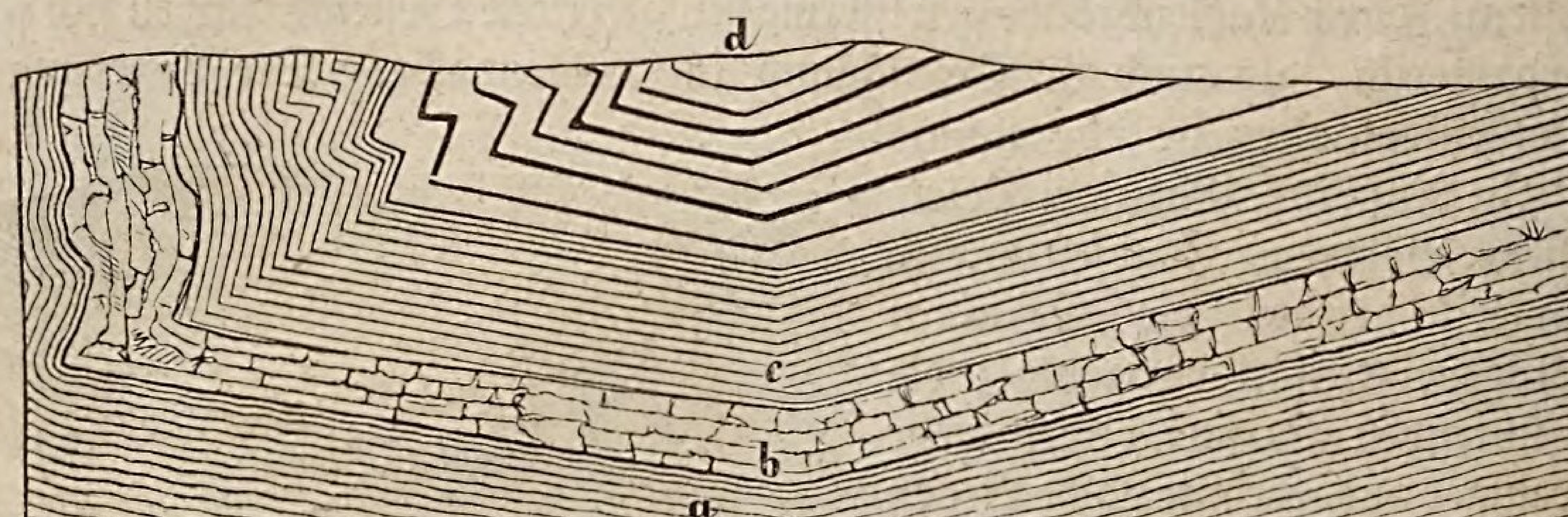


Fig. 183. Steinkohlenmulde von Mons.

a bezeichnet die Devonformation, deren Schichten mit denen der Steinkohle concordant gelagert sind; b stellt den Kohlenkalk und untern Schiefer vor; c. ist der flötzleere Sandstein; d das kohlenführende Schichtensystem, worin die starken Striche die Kohlenflötze darstellen.

In manchen Gegenden, namentlich im Schwarzwalde, den Vogesen und im südlichen Frankreich, sind die ursprünglichen Lagerungsverhältnisse der Kohlenschichten noch weit stärker gestört, so daß man oft steil einfallende Ganggebilde vor sich zu haben glaubt, bis man die Stigmarien des Liegenden und die stehenden Stämme und Blattreste des Hangenden erkennt, und daraus lernt, wie jene Flötzstücke ehemals horizontal lagen und durch Hebung und Senkung in ihre jetzige Stellung versetzt wurden.

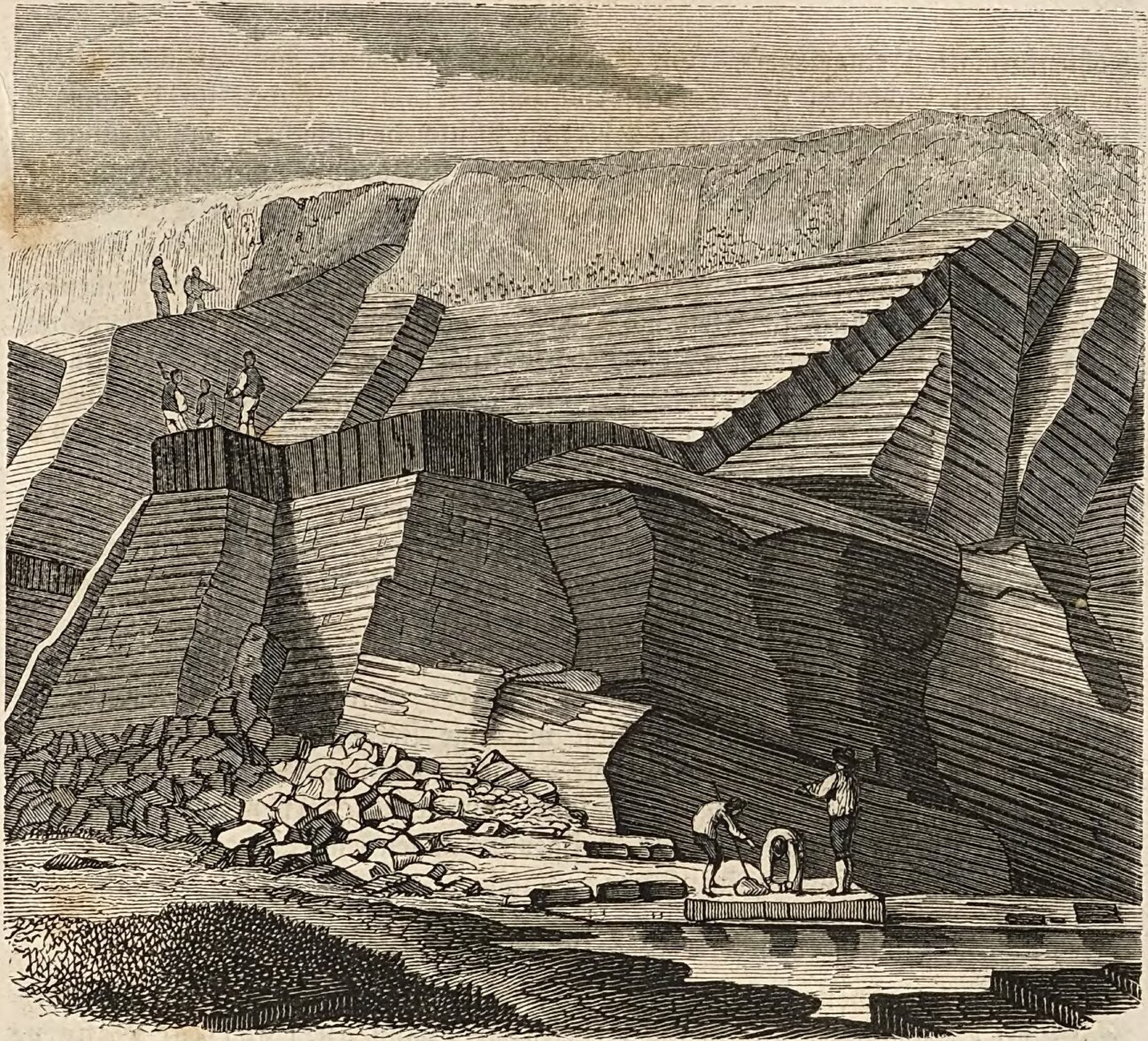


Fig. 184. Grünsteingang im Bergkalke in einem Durchschnitt auf der Dundalk-Enniskiller-Eisenbahn.

2. Eruptive Gesteine der Steinkohlenformation.

Auch in der Bildungszeit dieser Formation sandte der nie rastende Erdentwicklungsprozeß Laven aus der Tiefe; auch in dieser Periode waren es Pyroxen- und Obsidianlaven, welche wie alle frühern und spätern Lavaergüsse von Aschenauswürfen begleitet wurden.

Grünstein und **Melaphyr**, beide aus Augit und Labrador gebildet, von grünlich-schwarzer und brauner Färbung, oft sehr reich an Achat und Amethystdrusen, welche von einer begonnenen Metamorphose des Gesteines zeugen, durchsetzen die Kohlenformation. Sie finden sich gangartig im irischen Kohlenkalkstein. Fig. 184 stellt einen zum Theil mit dessen Schichten gleichlaufenden, zum Theil sie durchbrechenden schmalen Grünsteingang dar, welcher beim Bau der Dundalk-Enniskiller-Eisenbahn aufgedeckt wurde. In Devonshire treten solche Grünsteingänge, verbunden mit Grünsteintuffen, nicht selten auf. Letztere, wahre Schlackenhaufwerke, wie sie die Vulkane bilden, sind den untern Schichten der

Kohlenformation eingelagert. In Straffordshire kommen ganz gleiche Gesteine in den obern Schichten der Kohlenformation vor; ja es finden sich Grünsteintuffe unter dem Kohlenkalke, welche zahlreiche Muscheln einhüllen, und Grünsteingänge, welche die Steinkohlenflötze durchsetzen. Melaphyre und Grünsteine sind eben so häufig in der Saar- und Nahegegend, wo sie vielfach die Schichten des obern Kohlensandsteines durchbrechen; sie finden sich im Thüringerwalde, namentlich im Schmalkaldischen, vergesellschaftet mit Kohlenpflanzen einschließenden Grünsteintuffen. Auch in Steiermark wechsellagern solche eruptive Gesteine mit Sedimentschichten, in welchen sich die Versteinerungen der Kohlenformation finden.

Die **Feldspath-** oder **Obsidianlaven** der carbonischen Formation sind **quarzführende Felsite**, die ebenfalls mit geschichteten, Versteinerungen umschließenden Tuffen vergesellschaftet sind.

Nächst Flöha in Sachsen liegen zwischen den Schichten der Kohlenformation bis zu 200 Fuß mächtige Lager Felsitporphyr, die unten mit Gängen zusammenhängend nach oben in Sandstein verlaufen. Auch bei Brassac im südlichen Frankreich kommt ein solcher Felsitlavastrom von 100 Fuß Dicke, den Schichten der Steinkohlenformation parallel gelagert, vor; auf der Vignette Fig. 182 ist er mit p p bezeichnet. In der Saargegend und in der rheinischen Pfalz sind Felsitporphyre nicht selten; sie bilden daselbst mächtige Berge, wie den Donnersberg, und sind sehr oft zu Kaolin verwittert, welcher sich vortrefflich zur Porzellanfabrikation eignet. Im Schmalkaldenschen fanden sich Porphyre mit deutlichen Pflanzenabdrücken, welche wol als Tuffgebilde angesehen werden dürfen, die im Verlaufe der Zeit krystallinische Form annahmen.

3. Metamorphosirte Gesteine der Steinkohlenformation.

Außer den schon erwähnten Porphyrtuffen kommen nur noch im Schwarzwalde bei Berghaupten und in den Vogesen bei Thann gneusartige Gesteine vor, in denen Steinkohlen und die, die Kohlenformation bezeichnenden Pflanzenreste in Abdrücken gefunden werden. Es ist wahrscheinlich, daß viele die südfranzösischen Steinkohlen begleitenden krystallinischen Feldspathgesteine ebenfalls metamorphosirte Kohlenschiefer und Sandsteine sind, deren bei ihrer Umwandlung erfolgte Aufquellung die starken Lagerungsstörungen in den Kohlenflötzen hervorrief.

4. Kohlen- und Erzlager in der Steinkohlenformation.

Wenn die außerordentliche Ausdehnung der marinen Bildungen der Formation berücksichtigt wird, so nehmen die kohlenführenden Schichten einen geringen Umfang ein; sie sind jedoch immer noch von großer Wichtigkeit für die Gegenden, unter welchen sie sich vorfinden. Sehr viele Steinkohlenablagerungen, welche lange Zeit nur aus dem Grunde als zur Steinkohlenformation gehörend angesehen wurden, weil nach einer irrthümlichen Meinung nur einmal seit Entstehung der Erde die Ablagerung von Steinkohlen für möglich gehalten worden war, sind jetzt als ältern und jüngern Formationen eingelagerte erkannt. Sie haben oft eine große

Ausdehnung in horizontaler Richtung, dagegen ist ihre Mächtigkeit gewöhnlich eine minder bedeutende als in der Steinkohlenformation.

Als der paläozoischen Steinkohlenformation zugehörig, sind folgende Ablagerungen in Europa und Amerika zu betrachten.

1) **Großbritannien.** Es finden sich in England 800 Quadr.-Meilen von der Kohlenformation bedeckter Oberfläche circa 200 Quadr.-Meilen Kohlenflötze.

	Bauwürdige Fläche.	Anzahl und Mächtigkeit der Kohlenflötze.		Mächtigkeit der dazwischen liegenden Gesteine.
	Geographische □Meile.	Fuß.	Fuß.	Fuß.
a. Kohlenmulde von Süd-Wales enthält 720,000 Millionen Centner Kohlen und viel Eisenstein.	20	12	80	900
b. Kohlenmulde von Manchester-Liverpool enthält 8000 Millionen Centner Kohlen und viel Salz.	10	9	23	300
c. Kohlenmulde von Nottingham-Leeds enthält 493,000 Millionen Centner Kohlen und viel Eisenstein.	17	30	78	700
d. Kohlenmulde von Durham-Berwick enthält 100,000 Millionen Centner Kohlen und viel Eisenerze.	80	29	53	1750
e. Kohlenmulde von Schottland				
Edinburger Flügel	50	30	108	600
Firth of Forthflügel		10	40	400
Glasgow-Johnston		1	50—90	
f. 28 kleinere Mulden	20	5	18—20	
	197 □Meilen.			

2) **Belgien, Nordfrankreich und Rheinland-Westfalen.** Die große, 45 geographische Meilen lange Steinkohlenablagerung an der Nordseite der an beiden Rheinufern ausgebreiteten Devonformation reicht von Dortmund bis Valenciennes. Die Kohlenflötze liegen in langgestreckten Bassins an einander gereiht und finden sich in großer Anzahl über einander. In einzelnen dieser Bassins sind 80 bis 90 Flötze bekannt, welche eine durchschnittliche Stärke von 2 bis 3 Fuß haben. Je mehr Flötze, desto geringer ist in der Regel die Mächtigkeit der einzelnen. Die gesammte, während eines gewissen Zeitabschnittes gebildete Kohlenmenge ist in diesen Fällen mehr vertheilt. Die ganze Kohlendicke der im Lüttticher Reviere vorkommenden 85 Flötze, wovon nur eines 5 Fuß stark ist, beträgt 204 Fuß; die meisten dieser Flötze sind zu dünn, um bebaut werden zu können. In Westfalen sind jetzt 61 bauwürdige Kohlenflötze, mit einer Gesammtmächtigkeit von 172 Fuß, bekannt; man berechnet ihren Kohleninhalt so hoch, daß während 3000 Jahren jährlich 200 Millionen Centner gefördert werden können, ohne ihn

zu erschöpfen. Zwischen den Kohlen kommen mehrere Eisensteinflötze und eine Lage phosphorhaltiger Kalkstein vor, der die Phosphorsäure früherer Thiere und Pflanzenaschen enthaltend, jetzt als Düngemittel dienen kann.

3) **Saarbrücker Kohlenmulde.** Die zwischen Saar, Nahe und Rhein ausgedehnte Kohlenformation bedeckt eine Fläche von etwa 45 Quadr.-Meilen. Bauwürdige Kohlenflötze finden sich jedoch nur auf 6 bis 7 Quadr.-Meilen und zwar nur auf der Südseite der Mulde, wo sie sich dem Granite nähert, während die den devonischen Gesteinen des Hunsrücks concordant aufgelagerten Schichten arm an Kohle befunden werden. Die ganze Mächtigkeit der saarbrücker Steinkohlenflötze ist noch nicht bekannt, weil noch zu wenig Erfahrungen über deren Lagerungsverhältnisse erworben sind; dennoch wird man mindestens 77 Hauptflötze mit 240 Fuß Kohlen annehmen dürfen. Diese Flötze liegen wahrscheinlich in wellenförmigen Biegungen hinter einander, daß man ein und dasselbe mehrmals an der Oberfläche erscheinen sieht. Man rechnet in Saarbrücken 77 stärkere und 87 schwächere Flötze, welche zusammen 338 Fuß Kohle enthalten sollen. Der Theil der Kohlenablagerung, welcher mittelst 2000 Fuß tiefer Schächte bebaut werden kann, enthält 55,000 Millionen Centner Brennstoff.

4) **Schlesische Kohlenmulde.** Die beiden schlesischen Kohlenbassins (das Riesengebirgische und oberschlesische) sind ebenfalls sehr reich an Steinkohlen; sie bedecken eine Fläche von 10 bis 25 Quadr.-Meilen, unter welcher in 9 Flötzen die Kohlen in einer Gesammtstärke von 40 Fuß liegen, was eine Kohlenmenge von 37,000 Millionen Centner giebt.

5) **Sächsische Kohlenmulden.** Bei Zwickau und Niederwürschnitz, sowie im Plauenschen Grunde finden sich 3 bis 9 Kohlenflötze in flacher Lage über einander; diese Flötze erreichen 4 bis 30 Fuß Dicke (im Durchschnitte hat die Kohlenmasse wol nur etwa 40 Fuß Stärke, während sie an einigen Punkten über 90 Fuß dick ist) und enthalten auf etwa 10 Quadr.-Meilen Fläche mehr als 15,000 Millionen Centner Kohlen. Da jährlich etwa 17 Millionen Centner herausgenommen werden, so reicht der Vorrath noch auf 800 bis 900 Jahre.

6) **Kleinere deutsche und französische Kohlenmulden.** Auch Böhmen, Galizien, Bayern, Thüringen, der Schwarzwald haben zum Theil sehr bedeutende Steinkohlenlager in der paläozoischen Kohlenformation aufzuweisen; nicht weniger besitzt das südliche Frankreich einzelne sehr mächtige, wenn auch wenig ausgedehnte Partien, während die spanischen Steinkohlen meist zur Devon- und Silurformation gehören.

7) **Rußland und Polen.** In Rußland sind am Donetz zahlreiche Kohlenlager über einander bekannt; auch Polen besitzt großen Reichthum an diesen in jenen Ländern noch wenig beachteten Stoffen.

8) **Nordamerika.** Vor allen ist Nordamerika mit einem ungewöhnlichen Kohlenreichthum gesegnet. In Michigan, Pennsylvanien, Illinois und Missouri existiren über 400 Quadr.-Meilen mit bauwürdigen Kohlen bedecktes Feld. Hierbei sind die nach neuern Ansichten der Juraformation zugehörigen Apallachischen Kohlenfelder ungerechnet.

Es sei hier noch einiger Eigenthümlichkeiten der Steinkohlen gedacht. Schon oben wurde mitgetheilt, wie die Art der Pflanzen auf die Struktur und Zusammensetzung der Kohlen von Einfluß ist; einen ähnlichen Einfluß übt aber auch die Zeit aus. Die Steinkohle ist eine aus der Verwesung der Holz- und Pflanzenfaser hervorgegangene Substanz; ihre Güte wird also von dem Grade der Verwesung abhängen. Diejenigen Kohlen, bei deren Bildung sich nur wenige Calamitenstängel betheiligten und die nicht vollständig verwest sind, enthalten noch einige Procent Wasserstoff, was ihnen die Eigenschaft giebt, mit starker Flamme zu brennen, bei der Erhitzung zu schmelzen und eine schaumige Kohle (Coaks) zu hinterlassen. Solche Kohle ist besonders gut zur Darstellung des Leuchtgases und zu vielen Zwecken der Eisenhüttenindustrie; man legte ihr den Namen Backkohle bei.

Eine andere Art ist die an Calamitenresten reiche **Sinter- oder Sandkohle**, welche nicht mehr blasig schmilzt, sondern nur zusammensintert und weniger Wasserstoffgas enthält; sie dient zum Eisenschmelzen. Eine fast noch reinere Kohlensorte, das letzte Produkt der Verwesung, ist der Anthrazit, der sehr schwer brennt und nur zum Eisenschmelzen gebraucht wird. In den Kohlengruben wird das aus der Verwesung der Pflanzenfaser in Kohle freiwerdende, leicht brennbare Kohlenwasserstoffgas oft die Veranlassung zu Grubenbränden, Erstickung und Verbrennung der Bergleute. Das brennbare Gas entweicht öfters pfeifend aus feinen Rissen im Gesteine und muß durch Luftpumpen aus den Gruben vertrieben werden. In China entweicht aus einigen tiefen Bohrlöchern brennbares Gas, welches wahrscheinlich in Steinkohlenflötzen seinen Ursprung hat.

Eisenerz, namentlich kohlensaures Eisenoxyd, gewöhnlich durch Kohle, Thon, Bleiglanz, Zinkblende und Schwefeleisen verunreinigt, kommt vielfach mit den Steinkohlen abwechselnd gelagert vor. So in Schottland und England, Belgien und Westfalen, Pfalzsaarbrücken, Oberschlesien und Sachsen. In England und Belgien bildet es das Fundament der großartigsten Eisenproduktion; in andern Gegenden kann es jedoch nur gemeinschaftlich mit guten Zuschlägen verschmolzen werden. Es findet sich dieses Erz in großen Nieren, erfüllt mit Leichen von Fischen, Sauriern, Krebsen oder voller Pflanzenreste, so daß es als ein Sumpferz erscheint, dessen Bildung von jenen organischen Resten abhängig war. Zuweilen vereinigen sich solche Nieren zu schwachen Lagern. Auch die Kieselschiefer der tiefern Steinkohlenformation enthalten zuweilen Eisenerze, mehr aber Kupfer- und Manganerze, namentlich im Nassauischen, Hessischen und Waldeckischen, bei Wetzlar und Stadtberge in Preußen.

Steinsalz und **Gyps** sind in der Kohlenformation von nur geringer Bedeutung. Dagegen entquellen ihr an vielen Punkten Salzquellen, welche sich bei wohlfeilem Brennmaterial zur Kochsalzgewinnung eignen.

Am Schlusse sei noch die Bemerkung erlaubt, daß da, wo nur eigentliche Landpflanzen, als Araucarienstämme, sehr häufig und vorherrschend in dem Steinkohlensandstein vorkommen, wie im nördlichen Böhmen, am Altai und an andern Orten, sich keine Kohlenflötze bildeten, sondern sich dies Holz in Stein umgewandelt hat.

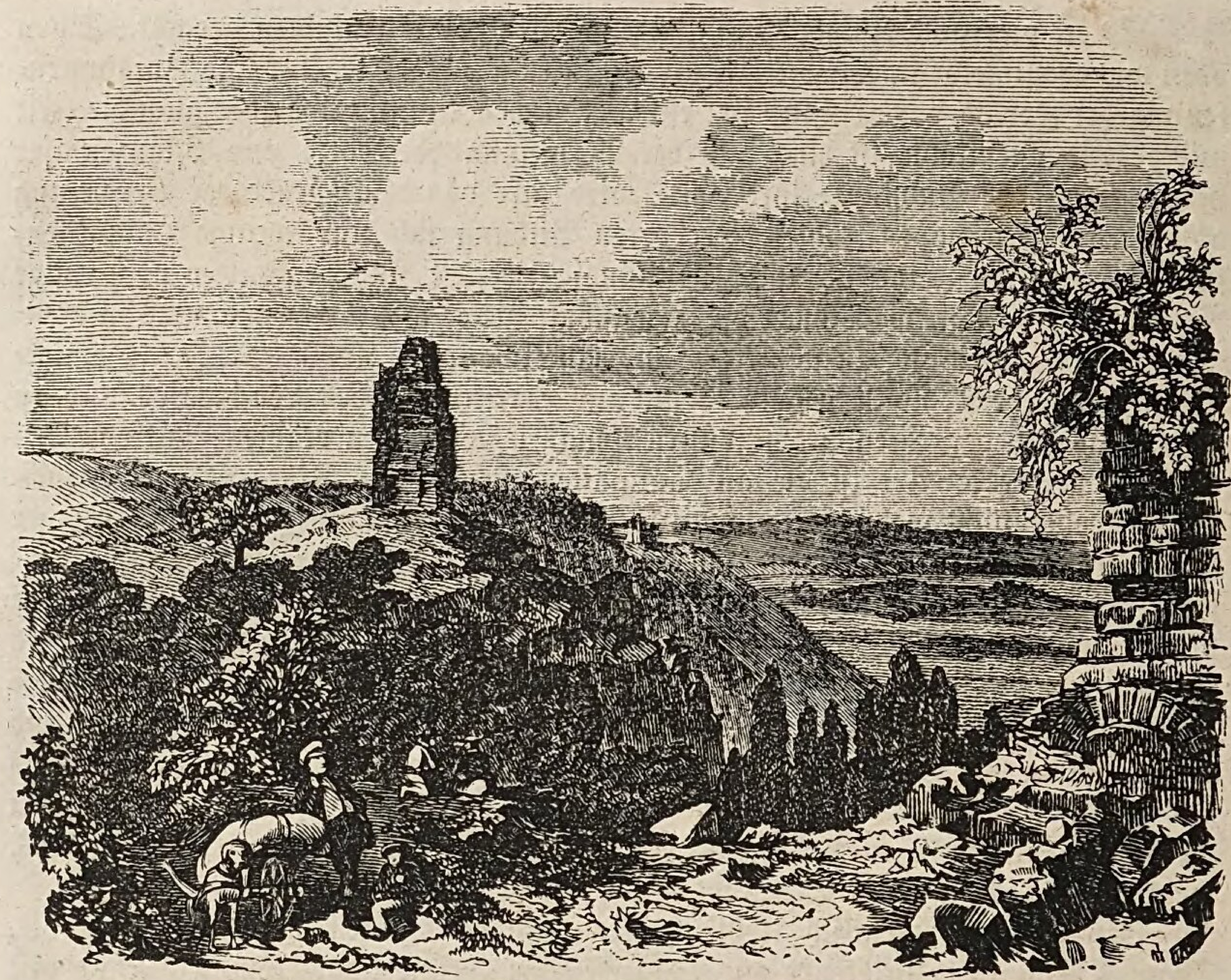


Fig. 185. Das Kiffhäusergebirge am Unterharz. Todtliegendes.

D. Permische Formation.

Die permische Formation hat ihren Namen von dem russischen Gouvernement Perm erhalten, wo sie, wenn auch nicht in der Vollzahl ihrer Glieder auftritt. Sie bildet den Uebergang aus der Kohlenformation in die Triasformation und ist der Schlußstein der paläozoischen Gruppe. Wir besitzen aus ihren Schichten nur wenige Landthiere und Landpflanzen und eine verhältnißmäßig geringe Anzahl von Meeresbewohnern, weil ihre in Europa bekannten Glieder nur Land- und Strandbildungen sind.

a. Thiere.

Wirbelthiere. Als Vertreter derselben finden sich in den Schichten der permischen Formation, vornehmlich in der vorzugsweise als Land- und Flußbildung zu betrachtenden untern Abtheilung, einige Saurier und Fische, wenn wir die in Connecticut entdeckten Vögelspuren außer Acht lassen. Von Sauriern sind außer dem Protosaurus Speneri, von welchem Fig. 188 ein nach einzelnen Resten zusammengesetztes Bild giebt, noch zu erwähnen: Palaeosaurus cylindrodon, Thecodontosaurus antiquus, Zygosaurus Lucius, Rhopalodon Wangenheimi. Auch Fußstapfen von solchen Thieren sind mehrfach entdeckt worden.

Unter den **Fischen** sind Paläonisken in vielen Arten sehr verbreitet. Die in Fig. 186 mitgetheilte, nach Freiesleben benannte Art ist in den deutschen Kupferschiefern sehr häufig; es finden sich außer ihr aber noch 6—8 andere ungleichschwänzige Ganoidfische. Der Acrolepis mit stark gefurchten Knochenschuppen und langen Hechelzähnen ist einer der schönsten fossilen Fische. Der Pygopterus ist ein hechtgestalteter Ganoidfisch; der Platysomus gleicht im Körperbau einer Scholle; der Acrodus besaß starke, zum Zermalmen der Muscheln geeignete Pflasterzähne. Bemerkenswerth ist der Umstand, daß die Fundorte sehr entfernter Gegenden verschiedene Paläonisken liefern; es beweist dies, daß die Schichten, in denen sie eingeschlossen wurden, in vielen kleinen nicht zusammenhängenden Wasserbecken zum Niederschlage kamen.

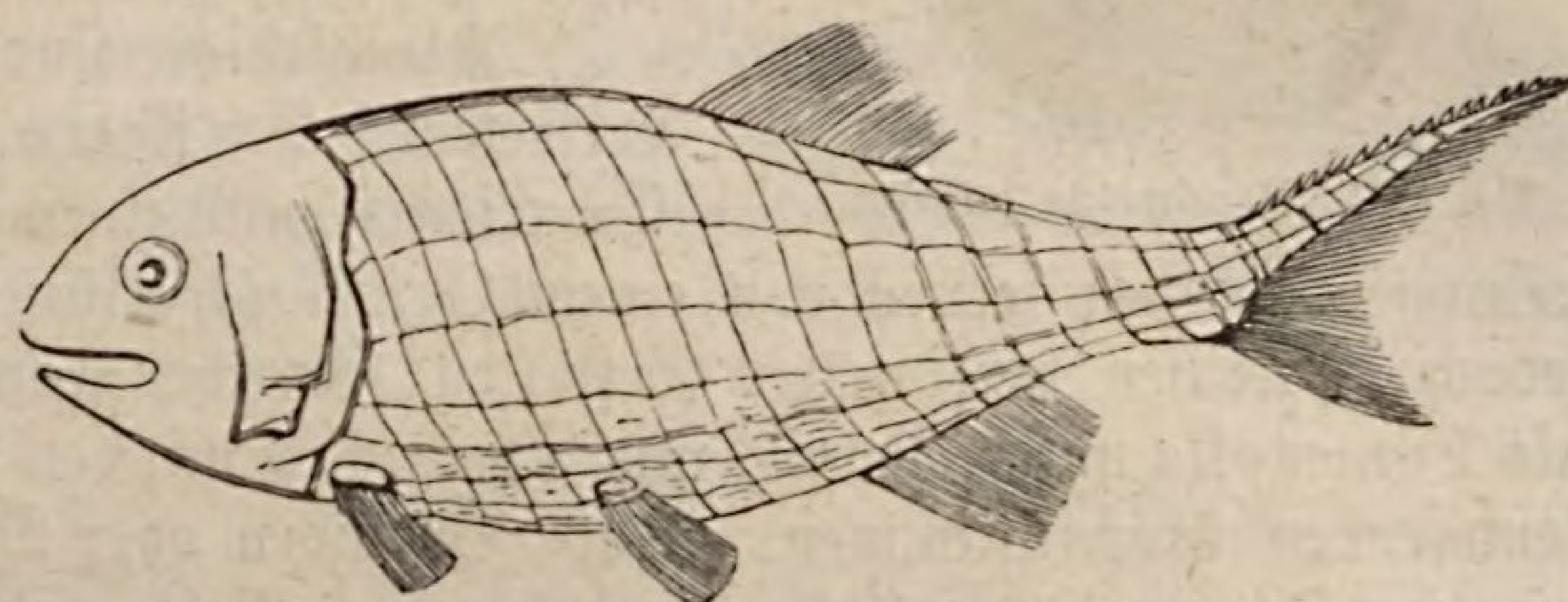


Fig. 186. Palaeoniscus Freislebeni.

Insekten sind aus der permischen Formation noch ganz unbekannt, dagegen kommen **Crustaceen** und **Anneliden** sehr häufig vor. Unter den Crustaceen zeichnen sich kleine Schalenkrebse, Cytherinen, Cytheren, Bairdien als Meeresbewohner und Cyprisarten als Süßwasserthiere durch Zahl der Arten und Individuen aus. Ferner kommt selten ein Limulus vor, während Trilobiten gänzlich fehlen. Unter den Anneliden herrschen kleine Serpulen; sie erfüllen ganze Schichten. Außer ihnen sind noch an Muschelschalen festsitzende Vermilien vorhanden.

Weichthiere sind nur in wenigen Arten bekannt. Es giebt im Zechsteine drei bis vier Cephalopoden, nämlich: einen Orthoceratiten und drei Nautilusarten, unter denen Nautilus Freieslebeni, ein kleiner, glatter, mit schnell anwachsender konischer Röhre, am häufigsten ist, während Nautilus Theobaldi mit fein gegitterter Schale seltener vorkommt. Die Gehäuse dieser Thiere waren ungemein zart, weshalb sie in der Regel nur als Bruchstücke auf uns gekommen sind.

Gasteropoden sind in manchen Schichten in großer Zahl angehäuft und setzen ganze Bänke des Gesteines zusammen. Es sind vornehmlich am flachen Strande lebende Thiere aus dem Geschlechte Rissoa mit kleinen, zierlichen, spitzgewundenen Gehäusen; außerdem Natica, Turbo, Trochus, Euomphalus, Pleurotomaria und Murchisonia, welche zum Theil an Formen des Kohlenkalkes erinnern. Auch einige Dentalien finden sich.

Conchiferen, namentlich aus den Familien Pecten, Myophoria (Schizodus), Mytilus, Avicula, Gervillia, Arca, Nucula, Panopaea, Astarte, Solemia und Edmondia sind sehr häufig und erfüllen Lager und große Gebirgsstücke. Die Arten sind sämmtlich der permischen Formation eigenthümlich. In den Süßwasserbildungen kommen auch Cyclas und Cyrenen vor.

Brachiopoden erinnern sehr an die des Kohlenkalkes, namentlich herrschen Productusarten vor, denen Orthisien, Strophalosien, Chonetes, Spiriferen,

Terebrateln, Camarophorien, Spiriferinen, Lingula und Discinen beigesellt sind. In Fig. 187 geben wir das Bild eines Productus, welcher horridus benannt ward wegen seiner längs des graden Schloßrandes sitzenden, in der Zeichnung abgebrochenen Stacheln. Die diese Thiere oft über und über bedeckenden Stacheln gewährten ihnen einen Schutz gegen die gefräßigen Ganoidfische jener Zeit. Die Bauchschale ist stark gewölbt; die uns in der Zeichnung zugekehrte Rückenschale ein flacher Deckel.

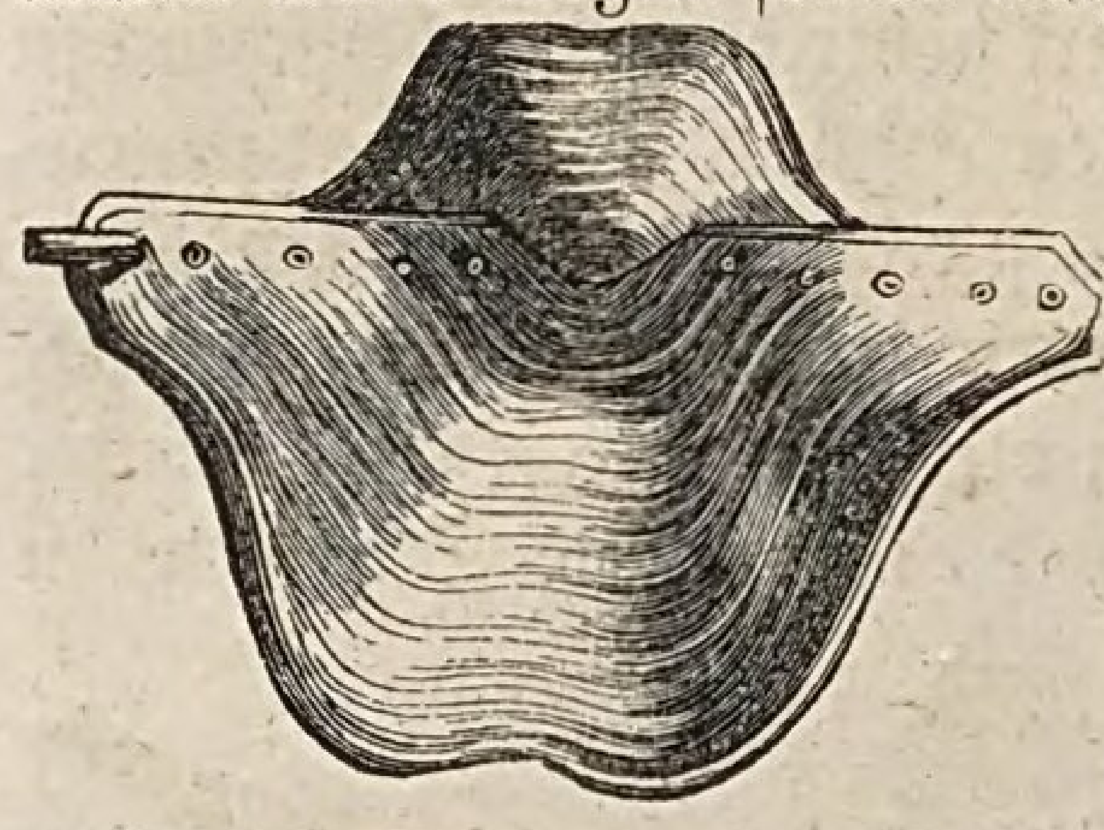


Fig. 187. Productus horridus.

Strahlthiere sind ebenfalls, jedoch sparsam vertreten. Es finden sich selten Reste von einer Cidarisart und einem Haarsterne, dem Cyathocrinus ramosus; ferner von einem Cyathophyllum; häufiger sind Corallinen, jedoch in kleinen vereinzelten Gestalten, aus der Familie der Gorgonien, welche als Fenestella unterschieden, zum Theil schon mit den in ältern Formationen vorkommenden übereinstimmen. Auch Bryozoen oder Mooskorallen machen sich in wenigen Formen bemerklich; zu nennen sind Reteporen und Alveoliten.

Von Polythalamien oder Foraminiferen sind bis jetzt etwa 10 Arten beobachtet worden, unter denen sich Dentalien, Nodosarien und Textularien auszeichnen.

b. Pflanzen.

Die bisher in der permischen Formation aufgefundenen Pflanzen stimmen nahe mit denen der Steinkohlenformation überein; es finden sich aber eigenthümliche Arten dabei, welche weder tiefer noch höher vorkommen und dadurch für diese Zeitepoche bezeichnend sind. In manchen Schichten liegen Meerpflanzen sehr häufig; es sind Palaeophycus, dicke, tauförmige Fucusarten und Caulerpiten, breitblättrige Algen, welche sehr oft vorkommen. Außer ihnen sind noch etwa 20 andere bekannt, unter denen die Chondriten und Zonariten genannt zu werden verdienen.

Die Land- und Sumpfpflanzen gehören theilweise zu den Zellen-, theilweise zu den Gefäßpflanzen. Unter den letzteren fehlen die Sigillarien gänzlich; dagegen finden sich Cycadeen, nicht selten Palmen, als Guilielmites (an die lebende Guilielma erinnernd), Nöggerathien und Cordaiten (welche an Formen aus der Steinkohle grenzen) ziemlich häufig. Die Coniferen sind vorzugsweise durch Araucarien vertreten, von welchen mächtige Stämme durch Kieselerde versteinert überall vorkommen; daneben sind Cupressenarten, namentlich die Ullmannien sehr häufig. Ihr Holz und ihre Früchte versteinerten zuweilen vollständig durch Kupferglanz, wie die in Hessen vorkommenden Frankenberger Kornähren, welches die Ast-, Spitzen und Früchte dieser Pflanze sind. Auch die Volzie, eine zwischen Araucarie und Cypresse stehender Zapfenbaum, kommt schon in dieser Formation vor, und mehrere Arten baumförmiger Walchien, Nadelhölzer, deren Früchte an Lycopodiaceen erinnern, sind sehr häufig. Letztere, die Walchia pinnata, findet sich auch schon in der Steinkohlenformation.

Das Festland schmückende Farne sind sehr häufig und werden in verkieselten Stammstücken, Tubicaulis, Psaronius, und als Blattwedel gefunden. Neuropteris, Pecopteris, Odontopteris, Sphenopteris erinnern zum Theil sehr an solche aus der Steinkohle; manche sind übereinstimmend mit den in letzterer gewöhnlich vorkommenden. Calamarien, unter denen Calamites gigas für diese Formation bezeichnend ist, kommen häufig und in vielen Arten vor. Auch Asterophylliten und Annularien, eine Lycopodiacee, das in der Kohlenformation vorkommende Lepidodendron elongatum ist nebst Knorria imbricata in Rußland in der permischen Formation entdeckt worden.

Das Verzeichniß der in den permischen Gesteinen bisher aufgefundenen Thier- und Pflanzenarten weist wenige Arten auf, doch ist auch die Untersuchung bis jetzt nur auf wenige Schichten beschränkt gewesen. Dennoch kamen in den letzten Jahren viele neue zu den schon bekannten Arten hinzu, so daß sich eine noch beträchtlichere Zunahme derselben erwarten läßt.

Pflanzen:	Algen	24	Arten
	Lycopodiaceen	5	"
	Calamiten	12	"
	Farne	40	"
	Palmen, Nöggerathien und Cordaiten	20	"
	Cicadeen	6	"
	Coniferen	19	"
		126	Arten.
Thiere:	Polythalamien, Korallen und Strahlthiere	40	Arten
	Brachiopoden	40	"
	Conchiferen	60	"
	Gasteropoden	30	"
	Cephalopoden	4	"
	Anneliden	5	"
	Crustaceen	20	"
	Fische	30	"
	Saurier	10	"
	Vögel	1	"
		240	Arten.

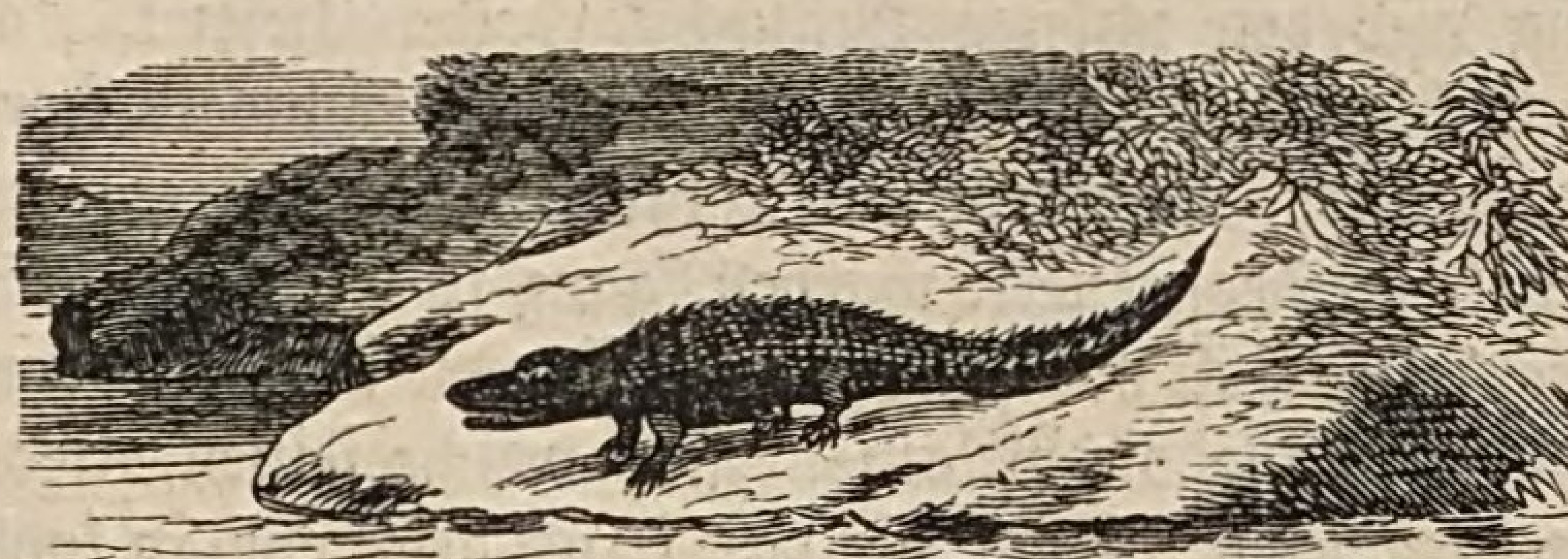


Fig. 188. Protosaurus Speneri.

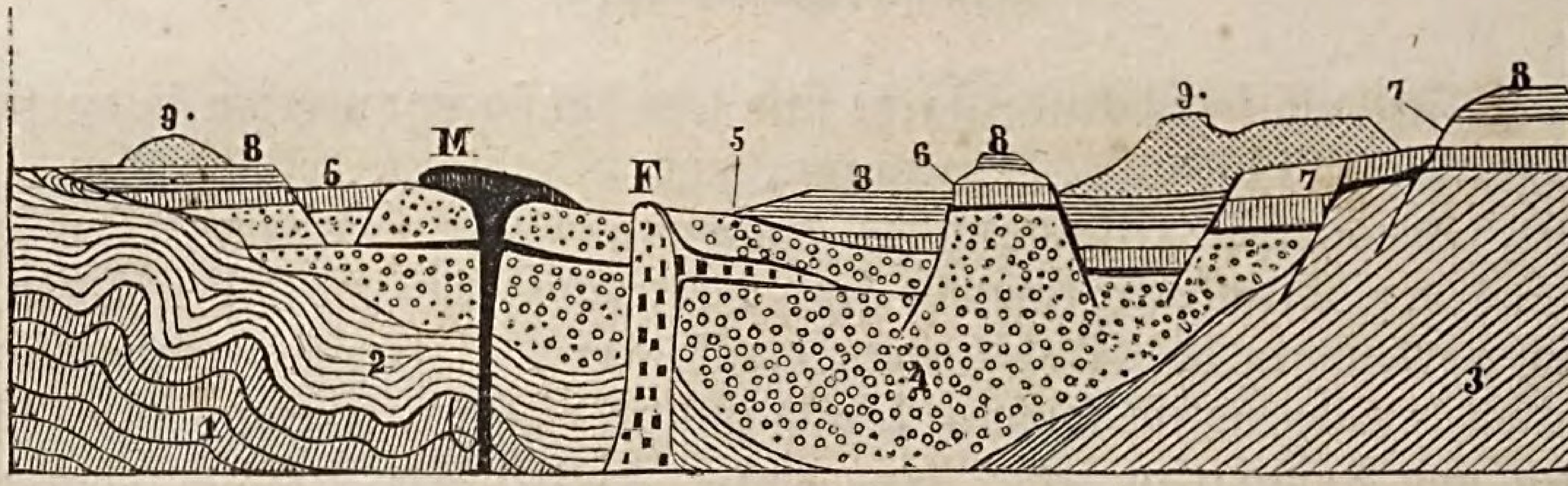


Fig. 189. Permische Formation in Deutschland.
1. Gneus; 2. Glimmerschiefer; 3. Kohlensandstein; 4. Todtliegendes; 5. Kupferschiefer; 6. Zechstein als Grabengebirge; 7. Anhydrit und Steinsalz; 8. Dolomit; 9. Buntsandstein. — F. Felsitporphyr; M. Melaphyr.

1. Sedimentgesteine des permischen Systems.

Da das permische Schichtensystem sich mehr als alle vorhergehenden von den Oertlichkeiten seiner Entstehung abhängig zeigt, da in ihm die Süßwasser- und Meerbildungen mehrfach abwechseln und jede Weltgegend ihre eigenthümliche Gesteinsbildungen aufzuweisen hat, so erscheint es uns gerathen, auch hier, anstatt einer allgemeinen, mehrere Beschreibungen einzelner Lokalitäten folgen zu lassen.

In Rußland zerfällt die Formation in drei Gruppen, von denen die untere eine Landbildung aus Gyps, rothen Mergeln, grauen Sandsteinen und Geschiebmassen besteht. In dieser, auf einen Raum von mehrern Tausend Quadratmeilen, von Orenburg bis jenseits des 60. Breitegrades, ausgedehnten Fläche tritt der Gyps in großer Mächtigkeit auf, begleitet von berghoch aus ihm hervorstehenden Steinsalzmassen, die wahrscheinlich ganz ähnlich entstanden, wie heute noch die mächtigen Salzlager im südöstlichen Rußland, nämlich durch Auslaugung salzhaltiger Gesteine und Eintrocknen des daraus hervorgegangenen Salzwassers in Lachen und Seen. Jene permischen Salzlager enthalten verkohlte Holzstämme und Infusorien. Außerdem zeichnet sich diese Formation durch einen außerordentlichen Reichthum an oxydirten und kohlensauren Kupfererzen aus. Sie sind vergesellschaftet mit großentheils in Malachit umgewandelten Palmen-, Farn-, Calamiten-, Lepidodendren- und Knorrienstämmen, welche sich bis auf eine Erstreckung von 60 Meilen westlich vom Ural ab vorfinden und das Material zur Kupfergewinnung und den schönen Malachitarbeiten liefern. Diese Erze liegen in einer dünnen Schicht und sind wahrscheinlich durch schwach kupferhaltige Wasser aus dem Ural zugeführt, in einem mit Pflanzen erfüllten Sumpfe als Schwefelkupfer angesammelt und concentrit worden, ganz so wie dies auch noch heute stattfindet, wenn Kupfervitriol mit faulenden Pflanzen in Berührung kommt. Das Schwefelmetall durchdrang die Pflanzenreste, welche seinen Niederschlag bewirkte, und verwandelte sich mit der Zeit, wie das so oft geschieht, in kohlensaures Kupferoxyd oder Malachit. Vom Ural ab wird der Kupfergehalt der Erzlager allmälig geringer und verschwindet in größerer Ferne endlich ganz. An einigen Stellen entwickelten sich in dieser Abtheilung der Formation Steinkohlenflötze von abbauwürdiger Stärke. Nur selten trifft man an ihrem nördlichen Rande marine

Ablagerungen mit Productus horridus und Productus Cancrini, der größte Theil enthält nur jene Pflanzenreste, Fischabdrücke und Saurierknochen.

Die mittlere Abtheilung, welche nur stellenweise in geringer Ausdehnung ausgebildet ist und die untere an ihrem Rande in kleinen Mulden bedeckt, besteht aus dünnen Lagen Mergel, Kalkstein, Sandstein mit Schieferkohlen und Mergelgyps. Sie ist eine Meeresbildung, enthält neben zahlreichen Algen einige Farnwedel und etwas Kupfererze, oder an andern Stellen große Mengen Productus, Terebratula und Spirifer, seltener Saurierknochen und Fische.

Die obere, kaum 20 Fuß mächtige Abtheilung der Formation liegt sehr zerstreut auf der mittleren und besteht aus kreideartigem Tuffkalke, worin nie Kupfer enthalten ist. In ihr fanden sich noch keine Versteinerungen.

Von der Insel Spitzbergen haben Schiffer Productus horridus und Productus Cancrini nebst Sprifer alatus mitgebracht, woraus geschlossen wird, daß daselbst die permische Formation anstehe. Wie sie sich dort verhält, werden vielleicht die neuerdings daselbst angestellten Untersuchungen aufhellen.

In Deutschland zerfällt die permische Formation in zwei Hauptgruppen, in das überall als Land-, Fluß- und Strandbildung mit vulkanischen Tuffen vergesellschaftete Todtliegende und den ihm folgenden marinen Zechstein. Das Todtliegende, von den Mannsfelder Bergleuten so benannt, weil es dort keine Kupfererze enthält, wird überall aus Sandstein, Schieferlett und Conglomerat von grauer oder braun-rother Farbe gebildet. Es ist in seiner Zusammensetzung sehr abhängig von den zunächst anstehenden älteren Gesteinen, besteht deshalb hier aus Geschieben der Devonformation, dort aus denen der krystallinischen Schiefergesteine, des Melaphyrs und Felsitporphyrs, des Steinkohlensandsteines, je nachdem es diese oder jene Formation bedeckt. Seine Mächtigkeit schwankt zwischen 1 bis 1000 und mehr Fußen oft auf ganz kurze Entfernungen; sie ist ganz abhängig von der Gestalt der Unterlage, denn das Todtliegende ist nur eine Auffüllung auf dieser, wodurch Graben und Risse geebnet wurden. Zuweilen enthält es schwache Steinkohlenlager und überall Landpflanzen. An einigen Orten sind ihm Brandschiefer und Kalkmergel mit Süßwasserconchylien, Cyclas, Cyrenen und Cypris eingelagert (Oschatz in Sachsen), an anderen bilden Fischreste dünne Schichten darin (Böhmen). Das Todtliegende überlagert die verschiedensten ältern Formationen, es unterlagert nicht überall den Zechstein und wird nicht überall von diesem bedeckt. Wir finden es in einer schmalen Zone von Frankenberg in Hessen am devonischen und älteren Theile der flötzleeren Kohlenformation abwärts über Marburg und Frankfurt ziehen; von Kirn am Hunsrück über das Dachgestein der Steinkohlenflötze der Saarbrücker Kohlenformation gelagert nach Kreuz nach unter dem Rheinthale hin verlaufen, bei Darmstadt den Granit und Gneus bedeckend, im Spessart bei Aschaffenburg und Bieber in ähnlicher Lage, bei Landau in der Rhein-Pfalz, bei Heidelberg ebenfalls auf Granit. Die eben bezeichneten Punkte bilden die westliche Grenze der permischen Formation in Deutschland. Von Frankenberg zieht das Todtliegende quer durch Kurhessen unter Reichelsdorf hinweg nach Eisenach, bedeckt beide Abhänge des vordern Thüringer-

waldes, kommt an den Kohlen= und Devongesteinen Oberfrankens und über der Kohlenformation der Zwickauer und Dresdner Gegend wieder unbedeckt zum Vorschein. Am Harze liegt das Todtliegende in größerer Ausdehnung an dem dem Thüringerwalde zugekehrten Süd= und Ostabhange (im Mannsfeldischen) zu Tage; es ist dies zugleich die am weitesten nördlich vorgerückte Partie desselben in Deutschland. Die östlichste Ablagerung finden wir im Königsgrätzer Kreise Böhmens und in dem angrenzenden Schlesien bei Löwenberg und Goldberg.

Wie schon erwähnt, ist es überall, je nach Verschiedenheit der benachbarten ältern Formationen zusammengesetzt und enthält nur ausnahmsweise in Böhmen, bei Frankfurt (Oberdorfelden), am Harze und bei Zwickau in Sachsen schwache Kalksteinbänke, in denen Fische und Landpflanzen vorkommen, noch seltener wie in Böhmen und bei Oschatz in Sachsen, auch am Harze und in Hessen Brandschiefer und schwache Steinkohlenflötze. Ueberall aber werden Pflanzenreste, namentlich verkieselte Baumstämme in ihm aufgefunden, auch sind in thonig=sandigen Schichten Farne, Walchienfiedern und andere Pflanzenreste nicht selten.

Der Zechstein deckt nicht überall das Todtliegende. Er fehlt gänzlich in der Nähe bei Darmstadt und Frankfurt, ebenso am Harze bei Stollberg, an vielen Punkten Thüringens, in Sachsen bei Oschatz, Dresden und Zwickau und in Böhmen. Dagegen liegt er wieder übergreifend auf ältern Gesteinen da, wo das Todtliegende nicht zur Ausbildung kam, zwischen Stadtberge, Thalitter und Allendorf an der Werra, auf dem flötzleeren Sandsteine, am ganzen Ostrande des Odenwaldes auf Gneus.

Der Zechstein besteht vorzugsweise aus Kalk, Kalkmergel, Schieferthon und Gyps und ist durch Kupfer=, Eisen=, Kobalt= und Bleierze, sowie durch Steinsalzlager und Baryt=Vorkommen, ausgezeichnet. Seine obere Abtheilung ist öfters zu Dolomit umgewandelt. Er erreicht nirgends große Mächtigkeit; wir wollen, um ein Bild von der Aufeinanderfolge seiner Schichten zu geben, einige durch Bergbau aufgeschlossene Stellen eingänglicher beschreiben. Zu Bieber im Spessart ruht auf dem Glimmerschiefer das aus Felsit=, Gneus=, Granit= und Quarzgeröll bestehende, 7 bis 10 Fuß mächtige graue oder das feinkörnige thonige, mehr als 200 Fuß dicke, rothe Todtliegende und endigt mit einer kalkig=mergeligen, bituminösen Schicht, worin Schwefelkies, Kupferkies, Bleiglanz, Zinkblende, Kobalt und Nickel nebst etwas Wismuth und Silber in geringer Menge enthalten sind, mit dem Kupferschiefer. Diesem 1—3 Fuß mächtigen Erzlager folgen dünnschiefriger Mergel, dünnplattiger, gelber Kalk, der Zechstein, worin in der Wetterau Nautilus, Productus, Lingula, Orthis, Spirifer und andere Brachiopoden, nur seltener Myophorien und andere Bivalven, sehr wenige Gasteropoden, dagegen Palaeoniscus Freieslebeni vorkommen. Darüber folgen thonige Sphärosiderit= und Brauneisensteinlager, dann kieseliger Kalk und Dolomit. Die ganze Abtheilung ist nicht über 200 Fuß mächtig.

Der Dolomit und kieselige Kalkstein wird als obere Abtheilung des Zechsteines angesehen; er ist durch das Vorkommen zahlloser kleiner Gasteropoden, Rissoa und vieler Bivalven worunter Myophoria obscura, Mytilus Hausmanni,

Gervillien und Aviculaceen ausgezeichnet, während Productus darin nie gefunden ward. Weiter östlich bei Orb und Kissingen schalten sich zwischen dem Zechstein und dem Dolomit Thonlager mit Anhydrit und Steinsalz ein. Ganz so tritt auch die Formation am Thüringerwalde auf, jedoch ist das Steinsalz überall selten; es ist zum Theil ausgewaschen, wenn auch jetzt noch Salzquellen die Anhydritgruppe des Zechsteines begleiten. Am Harze, im Mannsfeld'schen bei Riechelsdorf in Hessen und in Thüringen ruht auf dem bituminösen Kupferschiefer, welcher Algen und Fischreste enthält, der Zechstein. Diesem folgen Thone mit Anhydrit, Gypslagern und Steinsalz, endlich Stückkalk, Rauhkalk und Dolomit. Bei Frankenberg und bei Thalitter in Hessen sind mehre bituminöse Mergelflötze mit schwachem Kupfererzgehalte über einander im Zechsteine ausgebildet. Bei Frankenberg wimmeln sie von in Schwefelkupfer umgewandelten Landpflanzen, bei dem nahe gelegenen Thalitter gehören sie der Meeresbildung an. Wir haben hier also die Mündung eines kupfervitriolhaltigen Flusses in einem Meerbusen vor uns, und sind im Stande, da die nahen devonischen Schichten überall Kupferkies enthalten, auch noch die Gegend zu bestimmen, woher jene Flüssigkeit stammte, deren Kupfergehalt in sumpfiger Küste über verwesende Pflanzen wieder zum Niederschlage kam.

Ueberall in Deutschland, wo der Zechstein auftritt, ist er in die zwei Abtheilungen: Kupferschiefer-Zechstein und Gyps- Thon-Dolomit geschieden, wenn auch die letztere Gruppe zuweilen nur durch eisenhaltige, manganreiche Kalksteine ersetzt wird, wie bei Camsdorf im Saalfeldischen. Ueberall bildet Productus horridus die Leitmuschel für die untere und Myophoria obscura die für die obere Abtheilung. Letztere liegt an mehreren Punkten des Odenwaldes und bei Frankenberg über die Grenzen der untern hinaus auf ältern Gesteinen, so daß dadurch ein mehrmaliges Auf- und Niederschwanken des Bodens, während der Bildung der permischen Schichten erkennbar wird.

Die Vignette Fig. 189 giebt ein ideales Bild der permischen Formation in Deutschland, die darunter stehende Beschreibung macht mit Rücksicht auf das im Vorhergehenden erwähnte das Verhältniß der Lagerung klar. In Frankreich und Belgien fehlt die permische Formation, dagegen tritt sie in England über der Steinkohlenformation in Durham, Nottingham, York, Cumberland, Devonshire u. s. w. auf, und besteht aus dem Todtliegenden und Zechsteine. Das Todtliegende (lower new red sandstone), ist ein feinkörniger Sandstein oder gar loser Sand, der alle Unebenheiten seiner Unterlage ausgleicht, und deshalb an einem Punkte nur wenige, an dem andern mehrere hundert Fuß dick ist. Auch hier erscheint diese Abtheilung der Formation mit Calamiten, Equiseten und andern Pflanzenresten als Land- und Flußbildung. Der englische Zechstein (magnesia limestone) besteht aus abwechselnden Schichten von Mergel, Kalk, Sandstein und Dolomit; es fehlen ihm aber der Gyps, das Steinsalz und der Kupferschiefer. Seine Mächtigkeit ist wie in Deutschland unerheblich, aber er wird durch dieselben Productusarten und andere Meeresmuscheln wie in Deutschland und Rußland gekennzeichnet.

Bleiglanz und bauwürdige Zinkerze (Galmei) sind ihm eingelagert.

In keinem andern europäischen Lande außer Rußland, Deutschland und England ist die permische Formation bekannt. In Nordamerika treten in New-jersey, Pennsylvanien, Massachusetts und einigen andern Staaten Sandstein und Conglomeratbildungen über der Kohlenformation auf, welche sich an einigen Orten durch Kupferreichthum auszeichnen und außer Fußspuren von Vögeln viele Fischreste enthalten, welche einige Aehnlichkeit mit den im europäischen Kupferschiefer vorkommenden besitzen. Kalkablagerungen fehlen dort gänzlich; es wäre in Amerika also nur das Todtliegende vertreten, und ganz unabhängig von Melaphyr und Felsiteruptionen, denen man in Deutschland gern einen Antheil bei seiner Entstehung zuschreibt, ausgebildet.

2. Eruptive Gesteine des permischen Systems.

Fast nur in Deutschland sind mit den Sedimentgesteinen der permischen Formation Eruptivmassen derart verbunden, daß an einer gleichzeitigen Entstehung nicht gezweifelt werden kann. Es sind pyroxenische, als: Melaphyr, und obsidianische, als: Felsit oder Trachyt.

Den Melaphyr sowol als den Felsit fanden wir schon als vulkanische Erzeugnisse der Zeitperiode, in welcher die Steinkohlenformation entstand.

Die Melaphyre des dieser Periode so nahe stehenden Todtliegenden gehen an vielen Punkten, in Folge der Umwandlung ihres Augitgehaltes in Grünerde und Aphrosiderit, in Grünstein über. Auch sie sind von sehr verschiedenem Ansehen, je nachdem sie mehr oder weniger Labrador enthalten, oder stärker oder weniger stark zersetzt sind. Mandelsteine mit ausgezeichneten Krystalldrusen sind oft in ihrer Begleitung. Zwischen die Conglomeratschichten des Todtliegengenden eingebettete, mit Spaltenausfüllungen in Verbindung stehende, melaphyrische Lavaströme, welche also ohne Zweifel gleichzeitiger Entstehung mit jenen Schichten sind, kommen im Mannsfeldischen, bei Planitz in Sachsen, bei Tortworth in England vor. Zwischen der obersten Schicht des Kohlensandsteines und der untersten des Todtliegenden finden sich auf meilenweite Erstreckung mehrere Melaphyr-Lavaströme von mehr als 100 Fuß Dicke über einander, an der Nahe und Saar. Das Todtliegende enthält dann auch Bruchstücke des Melaphyrs, zuweilen ist es sogar ein wahrer Melaphyrtuff, was sich auch in der Umgebung von Darmstadt, wo eine ausgedehnte Melaphyrmasse mit dem Todtliegenden vergesellschaftet ist, bemerklich macht.

Zahlreiche Melaphyrkuppen und Gänge finden sich sowol im Todtliegenden, wie auch in der Steinkohlenformation und in allen ältern Gesteinen; wie denn überhaupt alle jüngern Eruptivgesteine in allen ältern Sedimenten vorkommen können.

Felsitporphyre (quarzführende Porphyre) kommen als Gänge, Kuppen, als lavastromartige Zwischenlager in den sächsischen, mannsfelder und linksrheinischen Ablagerungen des Todtliegenden ebenso entwickelt vor, wie wir sie in der Steinkohlenformation fanden. Oft sind damit mächtige Felsitbreccien, wahre

Tuffgesteine mit Schichtung verbunden. Es liegen also auch hier die beiden Formen der vulkanischen Erzeugnisse: Aschenauswürfe und Lavaströme, in regelmäßiger Entwicklung neben einander und liefern den Beweis, daß die vulkanische Thätigkeit von jeher nach gleichbleibender Ordnung sich äußerte. Trachyteruptionen, welche durch Quarzeinschlüsse sich den quarzführenden Porphyren nähern, kommen im Todtliegenden nahe bei Darmstadt und am Vogelsberge vor. Manche Felsite und viele Melaphyre enthalten Kupfererze, Schwefeleisen u. a. Metalle, wiewol in geringer Menge eingesprengt, wie wir das auch bei ältern und jüngern Laven sehen. Es scheint dieser Metallgehalt denjenigen Schichten angehört zu haben, aus deren Umschmelzung in der Tiefe die chemische Thätigkeit der Erde diese Laven formte.

3. Metamorphosirte Gesteine des permischen Systems.

Außer den in krystallinischen Dolomit umgewandelten Kalken der Zechsteingruppe sind metamorphosirte, d. h. in die krystallinische Form übergeführte Schichten in der permischen Formation nur selten beobachtet worden.

Glimmerschiefer und Gneus, selbst Granit sind im Schmalkaldischen mit den Schichten des Gesteines innig verbunden; sie durchsetzen es in schmalen Gängen. Gewöhnlich ist in ihrer Nähe der Kalk sehr eisenhaltig, selbst auf große Erstreckung in mächtige Eisensteinlager umgewandelt; ob jene krystallinische Masse aus der Umwandlung des Zechsteins entstanden, ist schwer zu ermitteln.

Der Dolomit enthält oft die Versteinerungen des Zechsteines noch deutlich erkennbar, zuweilen aber ist er sehr grob krystallinisch, umschließt zahlreiche Drusen von metallischen Mineralien, von Quarz und Bergkrystall, von Bitterspath, sowie Dendriten von Mangan. Nicht selten ist er loskörnig und wird alsdann Asche genannt. Er entstand, indem aus bittererdehaltigen Kalksteinen durch Auslaugung ein Antheil kohlensaurer Kalk entfernt ward, oder vielleicht auch, indem solchem Kalke neue Mengen kohlensaurer Bittererde und andere Stoffe zugeführt wurden. In beiden Fällen nahm das vorher amorphe, erdige Gestein die krystallinische Struktur an; in ersterem Falle mußte es loskörnig und selbst zu Asche werden, während es sich im letzteren verdichtete.

4. Erze, Salz und Steinkohle in dem permischen System.

Sowol im Todtliegenden als im Zechsteine haben wir ausgedehnte Ablagerungen kupfererzhaltiger Conglomerate und Schiefer kennen gelernt. Diese Erzlager liefern seit Jahrhunderten viel Kupfer in den Handel, obgleich ihr Metallgehalt 3—4 Proc. kaum übersteigt. Die Gewinnung ist sehr umständlich und der Hüttenproceß sehr schwierig. Wo das Metall in der Form von kohlensauren Salzen (Malachit und Kupferlasur) auftritt, ist eine Gewinnung desselben durch Säuren und Cementiren durch Eisen anwendbar.

In dem permischen Gesteine Rußlands kommt das Kupfer größtentheils als Malachit vor und zwar, entweder in Knollen im Sandsteine, oder auf vegetabilischen und thierischen Resten, oder als Anflug auf Klüften des Mergels und Kalkes, oder die ganze Masse des Schieferthones durchdringend. In Deutschland

findet es sich, wiewol seltener, in ähnlicher Weise im Todtliegenden und im Zechsteine, häufiger begleitet es als Schwefelmetall, die zwischen Todtliegendem und Zechstein lagernde bituminöse Schicht, welche von den deutschen Bergleuten Kupferschiefer genannt wurde. Das Kupfer ist in dieser Schicht häufig an Fischabdrücke und Pflanzenreste niedergeschlagen, doch kommt es auch in kleinen Gängchen als Dendriten und in dünnem Ueberzuge auf Absonderungsklüften vor, so daß eine spätere Ansammlung des Metallgehaltes höher gelegener Schichten in diesem die Reduction der Metallsalze begünstigenden, kohlenstoffreichen Mergel wahrscheinlich ist. — Der Kupferschiefer wäre demnach, streng genommen, auch ein metamorphosirtes Gestein, dessen Kupfergehalt jedoch nur an wenigen Punkten Bauwürdigkeit besitzt.

Bleiglanz, Kupferkies, Fahlerz und Zinkblende sind vielen Zechsteinkalken in Körnchen beigemengt, doch wird nirgends ein Bergbau auf solche arme Erzlager geführt.

Galmei ist als später zugeführtes, oder aus ursprünglich beigemengter Zinkblende entstandenes Erz einigen englischen Zechsteindolomiten beigeschlossen, und wird bei Shipham noch durch Bergbau gewonnen.

Auf Gängen, welche die Schichten der Zechsteinformation verwerfen, und die in Folge von Bodensenkungen entstandenen Spalten begleiten, kommen Kobalt-, Nickel-, Wismutherze, nebst Kupferkies und Fahlerz vor. Bieber und Kahl im Spessart, Riechelsdorf in Hessen, Schmalkalden, Glücksbrunn und Saalfeld in Thüringen sind durch Bergbau auf solchen Gängen bekannt. Ueberall finden sich die die Gänge erfüllenden Erze auch in den Kupferschiefern vor.

Schwerspath-Gänge und Lager, große Nester von diesem Minerale ringsum vom Zechsteine eingeschlossen, sind namentlich in Hessen nicht selten.

Eisenerze, vornehmlich Braun- und Gelbeisenstein, glaskopfthoniger Sphärosiderit, Spatheisenstein kommen in Begleitung des Zechsteins und als Umwandlungsprodukt desselben in bauwürdiger Mächtigkeit vor, bei Schmalkalden, bei Bieber in Hessen, bei Saalfeld und Kamsdorf in Thüringen. — Im Todtliegenden finden sich dagegen nur sehr schwache und kaum beachtenswerthe Rotheisensteinlager, wie bei Battenberg in Hessen und an der Nahe.

Der Gyps ist an vielen Punkten dem Zechsteine so gleichförmig eingelagert, daß an eine andere als gleichzeitige Entstehung desselben nicht wol gedacht werden kann. Sehr oft war er jedoch ursprünglich wasserfreier, schwefelsaurer Kalk oder Anhydrit, der, indem er Wasser anzog, aufquoll und dadurch Hebung der Schichten und allerlei andere Störungen hervorrief, welche bei nur einseitiger Ansicht der Verhältnisse die jetzt wol allgemein verlassene Meinung hervorrief, als sei derselbe ein Eruptivgestein, aus dem Erdinnern hervorgedrungen.

Mit dem Anhydrit sind sowol in Rußland, als in Deutschland bei Langenberg, Gera, Artern, Staßfurt, Salzungen und Kissingen, Steinsalzlager verbunden, anderwärts entsteigen dem Salzthone der Zechsteingruppe zahlreiche Salzquellen, so daß sie für viele Gegenden dadurch beachtenswerth wird. Die Steinsalzlager von Staßfurt in Preußisch Sachsen wurden neuerdings durch Bergbau ausgebeutet.

Dieselben enthalten verschiedene Salze über einander, namentlich Chlorkalcium, Glaubersalz und Kochsalz, dazwischen Lager von boraxsaurem Kalke, und besitzen eine so große Mächtigkeit, mehr als 200 Fuß, daß sie an der Oberfläche wie Berge erscheinen würden, und sich sohin den in der permischen Formation Rußlands vorhandenen Salzbergen von Ilezkaja Saftschita in der Kirgisensteppe an die Seite setzen ließen.

Steinkohlenlager gehören in der permischen Formation nicht grade zu den Seltenheiten; die meisten besitzen eine, wenn auch schwache Entwickelung, und sind nicht abbauwürdig. An andern Orten verunreinigt sie so viel Thon und Kalk, daß sie nur Brandschiefer darstellen; auch der Kupferschiefer mit 25 Proc. Kohlengehalt gehört hierher. In Sachsen, Thüringen und Rußland sind mehrere im Rothliegenden eingebettete Kohlenflötze bekannt; auch scheinen einige englische und französische Steinkohlenablagerungen hierher zu gehören.

Rückblick auf die paläozoischen Formationen.

Wir erfuhren bei der Durchlesung des Vorhergehenden, daß die geschichteten versteinerungführenden Sedimente vielfach mit krystallinischen Schiefergesteinen, durchwebt sind, daß letztere mehrfach in großer Ausdehnung die ersteren bedecken und selbst Versteinerungen führend in sie verlaufen; wir haben gefunden, wie die einzelnen Abtheilungen der paläozoischen Formationen da, wo ihre Schichten gleichmäßig (concordant) gelagert sind, so allmälig in einander übergehen, daß eine Trennung, die Auffindung der Grenzmarke ungemein schwer, oft unmöglich wird, daß nur bei verschieden-winkliger (discordanter) Lagerung, wo vielleicht mittlere oder jüngste Glieder der einen Formation auf die aufgerichteten Schichten einer ältern abgelagert sind, ein wesentlicher Unterschied zwischen beiden hervortritt. Wir haben uns überzeugt, daß aus der ältern in die jüngere Formation eben so viele Pflanzen- und Thierformen übergehen, als aus dem einen Gliede und derselben Formation in das andere, wenn nur die Bildungsbedingungen dieselben blieben, wenn nur nicht Hochsee mit Strand- oder Strand- mit Landbildungen wechselten.

Wir werden im Verlaufe erkennen, daß solche allmälige Uebergänge aus der paläozoischen in die mesozoischen Formationen und aus diesen in die känozoischen stattfinden, und dies veranlaßt uns zu der Ansicht: daß zu keiner Zeit das ganze Erdenrund von einer allgemeinen Umwälzung ergriffen, daß zu keiner Zeit die dasselbe bewohnende, gesammte, belebte Welt vernichtet wurde. Vielmehr waren alle Umwälzungen nur örtlich beschränkt und gingen allmälig von statten, alle Gesteinsablagerungen bedurften Jahrtausende von Jahrtausenden zu ihrer Entwicklung und deshalb änderten sich, dem vom Schöpfer aller Dinge in die Materie gelegten Gesetze entsprechend, alle organischen Formen allmälig und in einer gewissen Reihenfolge.

Mit den Sedimentgesteinen entstanden gleichzeitig vulkanische Massen; diese wie jene waren und sind den Gesetzen des Stoffwechsels unterworfen, sie wandeln sich allmälig in anders gemischte, in ihren Bestandtheilen anders gruppirte

Gesteine um. Wir erkennen darin eine beständige Wechselbeziehung zwischen den Tiefen des Erdballs und seiner Oberfläche, eine immerwährende Thätigkeit der nie rastenden Materie. Wo ist da Tod? Nirgends! Ueberall ist unerschöpfliche Lebenskraft! Aber durch diese Bewegung des Innern nach dem Umfange, durch dieses Streben der Oberflächen nach dem Kerne mußten vielfältige Hebungen und Senkungen, Schwankungen des Bodens hervorgerufen werden. Das große, die Erdfläche bedeckende Meer bewegte sich dabei, wiewol langsam, von einem Orte zum andern, und dadurch ward Land entblößt, wo ehemals tiefe Wasser standen, und versank wiederum Festland im Meere. Die Formen der Kontinente änderten sich und hiermit die Meeresströmungen, die klimatischen Verhältnisse, die Verbreitung von Thieren und Pflanzen.



Fig. 190. Wasserfall in den Adersbacher Felsen. (Zum nächsten Abschnitt).



Fig. 191. Landschaft der Triasperiode. Riesenmolche im Vordergrunde.

III. Mesozoische Formationen.

Die Aufeinanderfolge der in Deutschland zu Tage tretenden Sedimentschichten gab die Veranlassung zu der Meinung, als ob mit dem Zechsteine, der doch unverkennbar eine Ablagerung aus einem flachen Meere in seichten Busen und von sehr geringer Verbreitung ist, eine ganze Reihe von Thieren ausgestorben sei, als ob mit dieser auf einer so geringen Oberflächenausdehnung nur in wenigen europäischen Ländern bekannten Formation die Abschnürung eines Zeitalters des Erdkörpers erfolgt sei. Da die in Deutschland auf den Zechstein folgende Schicht, der bunte Sandstein, von großer Mächtigkeit und ohne Versteinerungen ist, so schloß man daraus, daß es eine sehr lange Zeit erfordert habe, ehe sich wieder ein organisches Leben auf Erden entwickeln konnte. Nachdem aber in den Tyroler Alpen Schichten aus der ersten Abtheilung der mesozöischen Periode gefunden wurden, in denen außer Thieren, die wir bis dahin nur in den jüngern Formationen zu sehen gewohnt waren, mit solchen der ältesten zusammen vorkommen, so müssen wir uns gestehen, daß ein solches gänzliches Aussterben der Fauna nie stattgefunden hat, daß vielmehr in unsern Gegenden eine Zeit lang das Pflanzen= und Thierleben unmöglich war, weil es Zuständen unterlag, denen ähnlich, die wir heute in der Sahel Afrika's beobachten können. Auch hier sind Landstrecken von vielen tausend Quadratmeilen Fläche mit Sand bedeckt, der vom Sturmwind zu hohen Bergen aufgehäuft, Dünen bildet, oder in das Meer geworfen weite Küstenstrecken verflacht. Dünen von 600 Fuß Höhe sind an der Küste von Kap Bajador bis zum Grünen Vorgebirge aufgehäuft; der davorliegende Meeresgrund ist eine weit ausgedehnte Sandbank, welche immer weiter zu Meere schreitet, weil in dieser Region der stets herrschende Ostwind den Sand der Sahel

von Osten her in das Meer wirft. Die östliche Wüste Afrika's, die Sahara, besteht deshalb aus nacktem Felsgestein, von welchem der Sand sämmtlich nach Westen in die Sahel geweht ist, wo er vor jedem Windstoß auffliegend, die Atmosphäre erfüllt und stets neue Oberflächenformen annimmt. Der Dünensand ist natürlich ganz frei von Versteinerungen; nur wo er Wälder und Städte begräbt, wie in den Departements der Landes und der Gironde, oder wo er in das Meer geworfen wird, wie an der Westküste Afrika's, können allerlei organische Reste in ihn aufgenommen werden.

Der bunte Sandstein, welcher in einem großen Theil von Deutschland, im Elsaß, an dem Nord- und Südgehänge der Alpen bis zum Banate hinab zum Theil überdeckt durch jüngere Massen vorkommt, ist einer solchen Wüstenbildung so ähnlich, daß die Vergleichung damit kaum beanstandet werden möchte. Anderwärts dagegen, wo diese Wüsten- und Dünen-Sandanhäufung fehlt, liegen die kalkigen Meeresbildungen der untern Abtheilung der mesozoischen Formation unmittelbar auf ältern Gesteinen auf. Die Fauna und Flora der mesozoischen Periode haben wir im Allgemeinen schon weiter oben zu schildern versucht. Wir bemerken hier noch, daß die Gesteine derselben im Wesentlichen aus denselben Stoffen bestehen, welche die der paläozoischen Formation zusammensetzen, aus: Thon, Sand, Sandstein, Quarzit, Schieferthon, Thonschiefer, Kalkstein, Mergel, Gyps, Steinsalz, Steinkohle, Eisenerz u. s. w. Metamorphosirte, krystallinische Massen, welche die Versteinerungen dieser Zeitepoche einschließen, finden wir in den Alpen, deren Emporquellen wesentlich in Folge dieser Umwandlung vor sich gegangen ist. Auch eruptive Gesteine fehlen nicht, doch sind sie wenigstens in Deutschland und Europa nicht häufig.

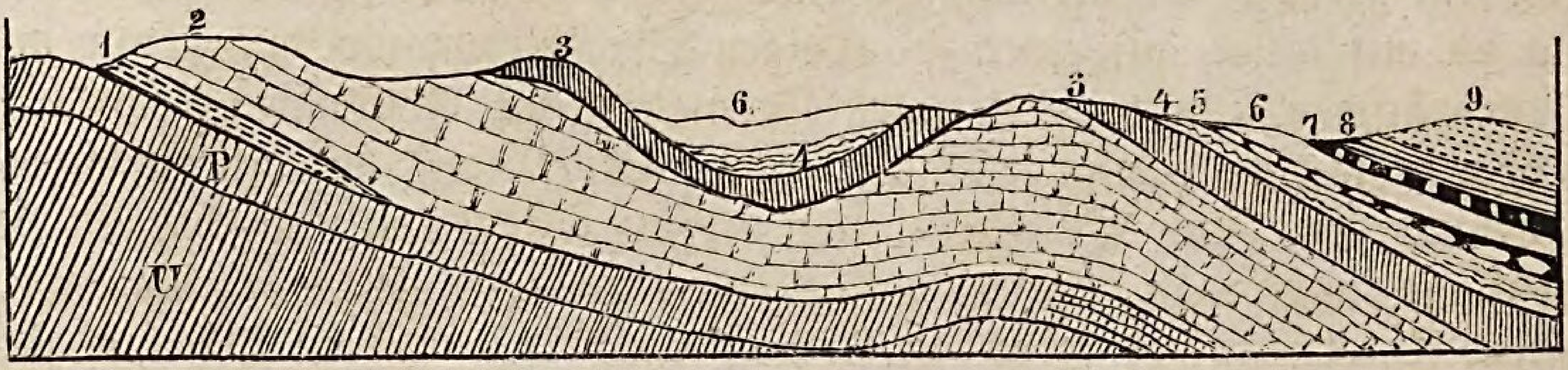


Fig. 192. Triasformation in Hessen.
U. Urgebirge. P. Permische Formation. 1. Buntsandsteinmergel; 2. Buntsandstein; 3. Röth; 4. Wellenkalk; 5. Gyps und Steinsalz; 6. Hauptmuschelkalk; 7. Lettenkohle; 8. Keupermergel; 9. Keupersandstein.

A. Triasformation.

In Deutschland ist die tiefste Abtheilung der mesozoischen Formationen aus drei Gesteinsgruppen gebildet, von denen die untere Sandstein, die mittlere Kalksteine und die obere Mergel und Sandstein enthält. Diese Gliederung gab die Veranlassung zu dem Namen Trias, die Dreitheilige. Allerdings ist jede der drei Gruppen wiederum eine Trias, wie fast eine jede Formation; dennoch möchten wir diese Bezeichnung, als allgemein in der Wissenschaft angenommen, beibehalten. Nachdem die in den südlichen Tyroler Alpen bei St. Cassian und sonsthin vorkommenden Kalk- und Mergelgesteine als solche der Trias anerkannt sind, hat auch die Fauna der Formation ihre frühere Aermlichkeit verloren.

a. Thiere.

Säugethiere. In den obern Schichten des Buntsandsteines, welche sich den meerischen Bildungen der mittlern Abtheilung, dem Muschelkalke, nähern, kommen häufig große Fußspuren vor, welche man anfänglich einer Beutelthierart zuschrieb. In neuerer Zeit haben sich die Meinungen getheilt und Viele glauben sie weit weit richtiger für die Fährten eines Sauriers halten zu müssen.

Solche Spuren finden wir ähnlich geordnet, wie Fig. 193 zeigt, sehr verbreitet in den thonigen Sandsteinen von Hildburghausen, Kissingen, Kahla, Jena, in England (Cheshire, Dumfriesshire), in Nordamerika. Sie zeigen stets abwechselnd große und kleine fünffingerige Pfotenabdrücke; die Zehen waren mit starken Klauen, scharfen, langen Nägeln versehen, was es unwahrscheinlich macht, daß sie von Säugethieren, z. B. Springhasen ähnlichen Beutelthieren, herrühren. Andere unleugbare Spuren von Säugethieren fanden sich bei Degerloch in Württemberg als Backenzähne eines kleinen Raubthieres, welchem der Name Microlestes antiquus beigelegt wurde.

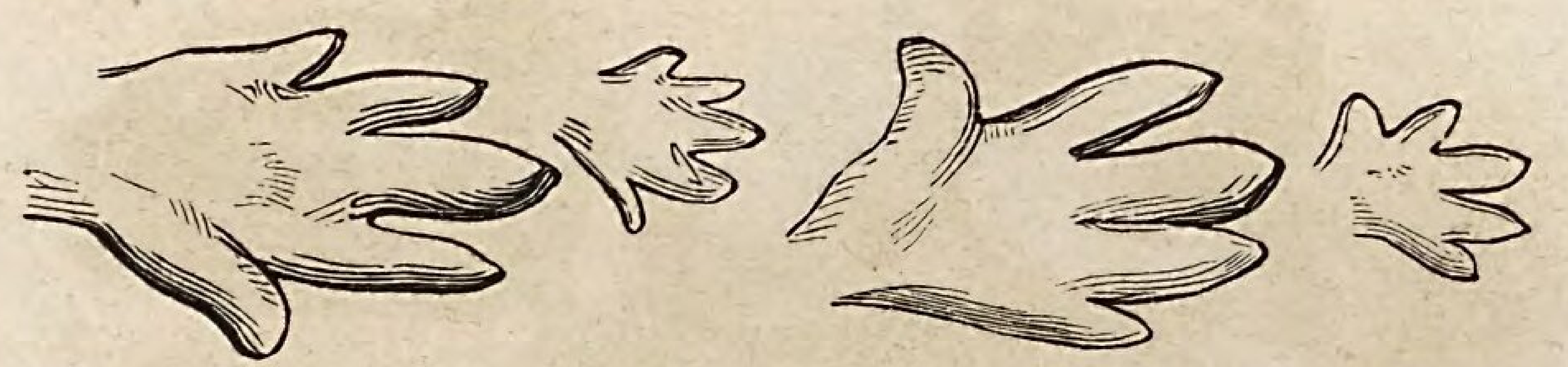


Fig. 193. Fußspuren des Chirotheriums.

Von **Vögeln** kennen wir Fußspuren verschiedener Größe aus den amerikanischen Triassandsteinen. Diese Abdrücke sind dreizehig und erinnern an die Fährten von Schnepfen; sie besitzen jedoch eine kolossale Größe, aus der man auf Vögel von 18 Fuß Höhe geschlossen hat. Dieser Schluß ist jedoch sehr trügerisch, indem bekanntlich die Länge der Fußzehen nicht als Maßstab für die Größe eines Vogels benutzt werden kann und viele kleine Strandläufer sehr große Füße besitzen. Beachtenswerth bleibt es, daß jene Fußspuren niemals Schwimmhäute zeigen, mithin von Landbewohnern herrühren.

Von den meerbewohnenden **Amphibien** sind schon zahlreichere Reste erhalten geblieben. Es sind Zähne und Knochen von vielen Sauriern und Batrachiern, unter denen Cladeiodon, Mastodonsaurus, Salamandroides, Lacerten von etwa 20 Fuß Länge den Flüssen und Sümpfen angehören. Der Nothosaurus mirabilis ist ein mittelgroßer Plesiosaurus mit kleinem Kopfe, Schlangenhals und Flossenfüßen; Nothosaurus venustus ein kleines Thier und Nothosaurus giganteus ein 40 bis 50 Fuß langes Thier der Art, dem auch das als Dracosaurus bezeichnete kolossale Unterkieferstück angehört. Noch drei andere Arten von Nothosaurus sind bekannt, welche aber den Mastodonsauriern näherstehen, namentlich Nothosaurus Schimperi, Cuvieri und angusti Frons. Stumpfschnauzige Simosaurier, deren neu nachwachsende, starkgestreifte, eingekeilte Zähne die ältern wie die Gewehrschloß-Pistons die Zündhütchen auf sich tragen, bis der alte Zahn zerspringt und abfällt; Conchinosaurier mit zwei 4 Zoll langen Fang-

zähnen, die Tiger des Meeres; Menodon; Trematosaurus mit einem runden Loche im Stirnbein, wie bei dem Archegosaurus der Steinkohlenformation; Odontosaurus; Labyrinthodon mit tiefgefalteten Schmelzzähnen, auf deren Querschnitt der Schmelz labyrinthische Zeichnungen darstellt, woher der Name, gesellen sich dazu. Alle die zuletzt genannten Thiere waren Bewohner des Meeresstrandes, wie auch die Phytosaurier, wovon mehrere Arten vorkommen und der wie Sirenen mit nur 2 Füßen und langem Schwanz ausgestattete Otozoum. Auch Fährten von großen Schildkröten hat man gefunden. Unsere Fig. 194 stellt ein von Owen aus einzelnen in der Zeichnung angedeuteten Knochen und dem vollständigen Kopfe wieder hergestelltes Bild des Labyrinthodon salamandroides dar; von diesem Thiere rühren, nach der Meinung jenes Gelehrten, auch die dem

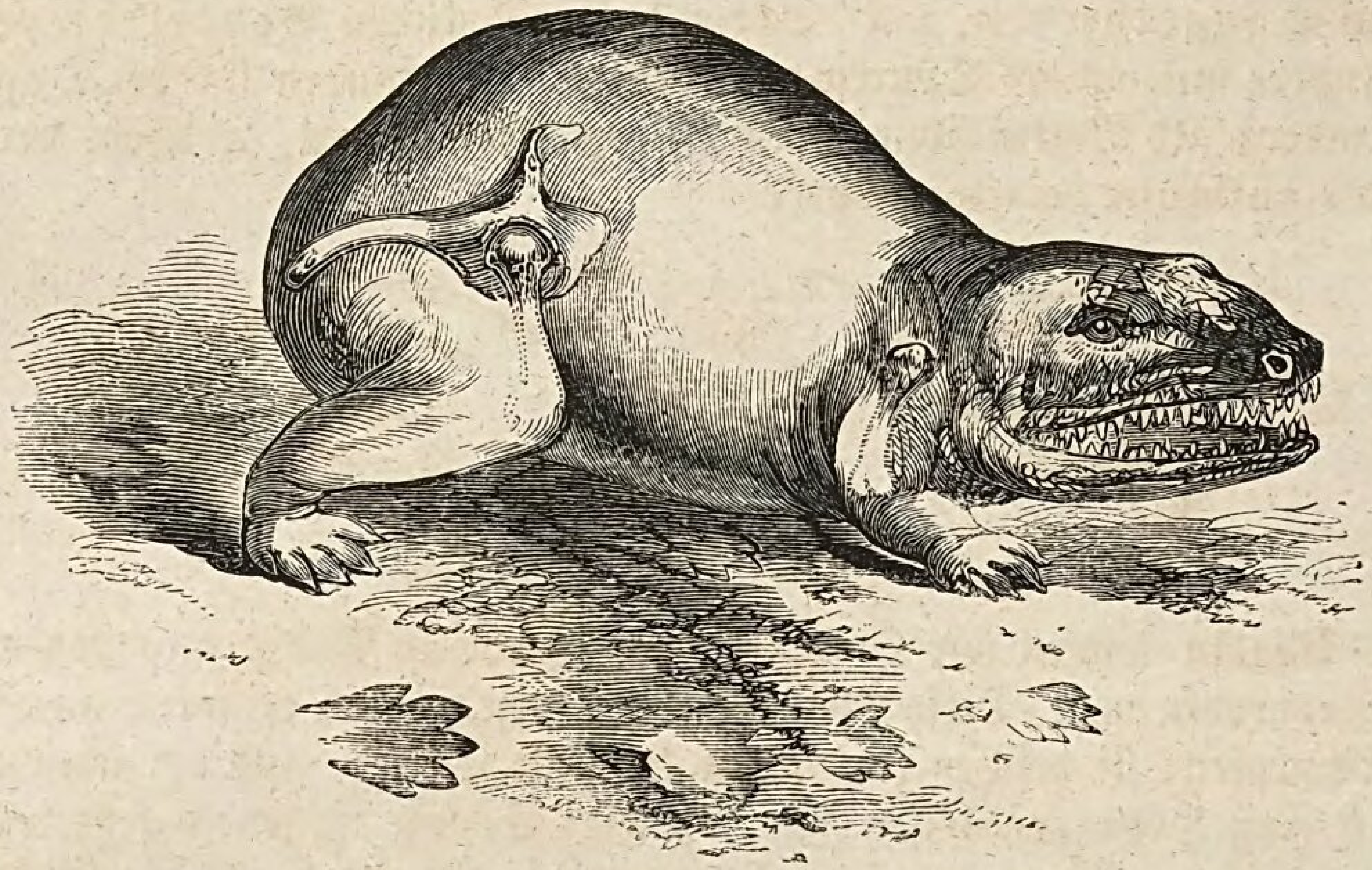


Fig. 194. Labyrinthodon salamandroides.

Chirotherium zugeschriebenen Fußspuren Fig. 193. Die auf dem Anfangsbilde Fig. 191 dieses Abschnittes im Vordergrunde dem Sumpfe entsteigenden Lurche stellen ebenfalls ideale Bilder solcher Thiere, Riesensalamander, Mastodonsaurus giganteus, vor.

Fische werden auch in der Trias gefunden, zerstreute Schuppen und Zähne sind nicht selten und oft in ganzen Lagern vereinigt; wir kennen davon: hübelzähnige Hybodus oder Haifische 5 bis 6 Arten; Acrodus, deren Rachen mit Malmzähnen gepflastert waren, 3 Arten; Saurichthys, Fischsauriern nahe verwandte Fische; Placodus und Gyrolepis; Schuppen von Ganoidfischen; den Chimärinen ähnliche Psammodonten mit Pflasterzähnen; endlich Ceratodus etwa 6 Arten. Die Wirbelthiere sind sohin schon in allen 4 Klassen vertreten.

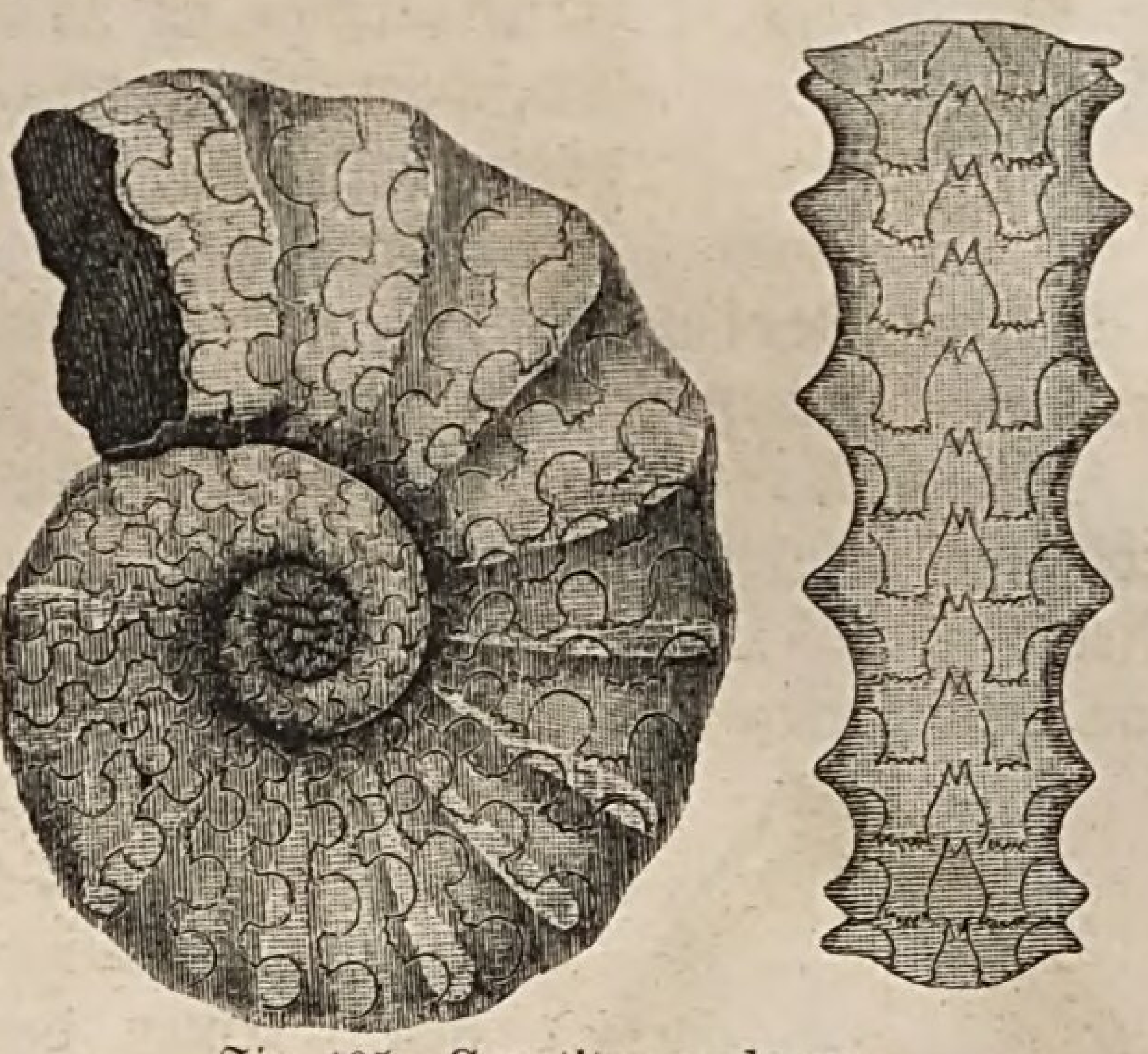
Insekten erhielten sich nicht in den groben, rauhen Schlammabsätzen der bekannten Triasgesteine; von Crustaceen sind nur wenige Krebse, namentlich Palinurus-Arten, als: Pemphix Sueuri und Alberti, sowie Galatea audax; ferner Limulus priscus und Halicyne sehr kleine Molukkenkrebse, von denen wir

auch schon im Steinkohlengebirge sprachen, bekannt. Cypris, kleine Muschelkrebse aus den Süßwasserbildungen, kommen ebenfalls vor.

Anneliden oder Serpulen sitzen auf Muschelschalen fest.

Mollusken sind wie in allen andern Formationen in Anzahl der Individuen und Arten am stärksten vertreten; wir kennen die alpinische Abtheilung der Trias mit inbegriffen, über 900 Arten aus der Trias.

Unter den Cephalopoden machen sich bemerklich mehrere Arten Orthoceratiten und Goniatiten ganz so gebaut, wie sie der Devonformation eigenthümlich sind; ferner zahlreiche Ammoniten, unter denen Ammonites Metternichi von bedeutender Größe. Alle sind übergreifend aufgewundene, auf der innern Seite eingebogene, im Durchschnitt nicht kreisförmige Röhren, mit stärker gebogenen und gezackten Loben als die Goniatiten und Ceratiten besitzen. Wir lernen diese Formen noch in den jüngern mezoischen Formationen, denen sie ganz besonders angehören, kennen. Ferner zwischen Ammoniten und Goniatiten mitten inne stehende Ceratiten, welche wiederum nur in der Trias vorkommen, und unter denen der Ceratites nodosus, Fig. 195, sich besonders auszeichnet. Er kommt in der deutschen Trias zu Millionen vor, wird 2 bis 3 Fuß hoch und sehr dick. Seine Röhre ist elliptisch, stark wellig, knotig eingeschnürt und nimmt rasch an Dicke zu. Die Loben sind abwechselnd aus Bogen und Zacken gebildet und laufen auf dem Rücken in eine einem gothischen Spitzbogen ähnliche Figur zusammen. Außer diesem knotigen Ceratiten sind noch 4 weitere Arten bekannt. — Nautilus bidorsatus ist ebenfalls eine Leitmuschel für den deutschen Muschelkalk. In der alpinischen Trias stellen sich daneben noch Belemniten, eigenthümliche Cephalopoden, die die nachfolgende Formation auszeichnen und nebst den Ammoniten den Uebergang dieser in jene vermitteln. Außer den Gehäusen von Cephalopoden finden sich zuweilen noch hornartige Schnäbel, die Beißwerkzeuge solcher Thiere, welche die Namen Conchorhynchus und Rhyncholithus erhalten haben.


Fig. 195. Ceratites nodosus.

Unter den Gasteropoden zeichnen sich sehr große Turbiniten, Turritellen, Fusus und Melanien aus, Trochus, Turbo und Natica kommen sehr oft vor; auch Dontalien sind nicht selten; Pleurotomarien und Litorinen finden sich.

Unter den Conchiferen stellen sich ziemlich viele Austern ein, von denen einige gesellig lebend Austernbänke bilden, wie Ostrea placunoides und difformis. Andere haben dicke, starkgefaltete Schalen, wie Ostrea decemcostata. Ferner kommen mehrere Kammmuschelarten vor; unter den glatten ist Pecten laevigatus die häu=

figste Form; unter den gestreiften zeichnet sich Lima oder Plagiostoma striatum und P. lineatum aus. Beide haben an den breiten, nach vorn schief abgestumpften Schalen starke, weit aus einander liegende Wirbel, zwischen denen das Schloß und die Oeffnung zum Herausstrecken des Byssus deutlich sichtbar ist. Diese Muscheln, welche auch Chamites genannt werden, finden sich oft mit beiden Schalen. In manchen Schichten wimmelt es von kleinen flachen Posidonomyen, die man wol auch für Schalenkrebse hält. Wieder andere Schichten enthalten als Süßwasserbildungen Cyclas und Cyrenen. Von der Perna genannten Malleacee, die jetzt nur in wenigen Arten in Neuholland und Ostindien lebt, finden sich einige Arten; zu ihnen gehören auch die einem ausgestorbenen Geschlechte angehörigen Gervillien, welche häufig in der Trias sind und schon in der paläozoischen Formation vorkamen. Die Gervillia socialis, welche in Fig. 196 in halber Größe dargestellt ist, liegt zu Millionen im Muschelkalke der Trias. Das Schloß dieser Muscheln ist gradlinig und hat außer zwei Zähnen mehrere Ligamentfurchen, welche an Steinkernen oft sehr deutlich zu sehen sind.

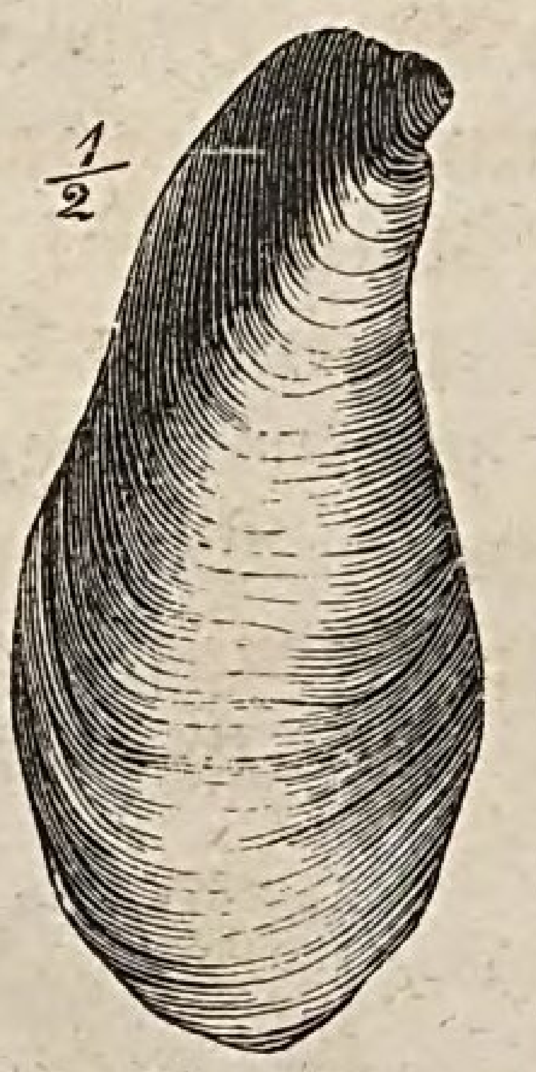
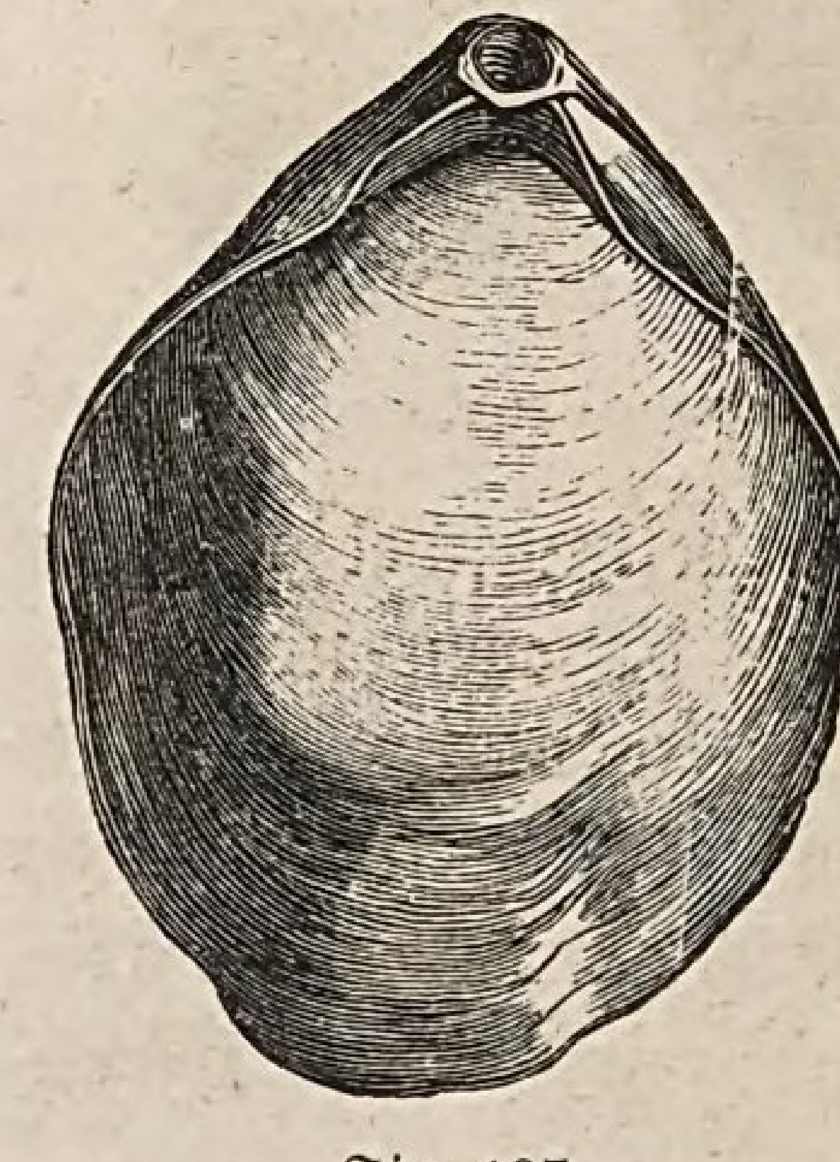


Fig. 196.
Gervillia socialis.

Auch Perlmuscheln, Avicula und Pterinea, sind aus den ältern Zeiten herübergekommen; die letzte paläozoische Familie stirbt hier aus.

Von Mießmuscheln, welche gern auf flachem Strande daliegen, wo die Ebbe sie entblößt, finden sich Mytilus eduliformis, dem Mytilus edulis unserer Meere ähnlich, und Modiola Credneri sehr häufig und gesellschaftlich. Auch sind viele Arten von Trigonien, deren jetzt nur eine Art in australischen Meeren existirt, unter den Namen Myophoria pes anseris, weil sie dem Abdruck eines Gansfußes entfernt gleicht, M. orbicularis, vulgaris, simplex u. s. w. u. s. w. zu erwähnen. Unter den Arcaceen zeichnen sich Nucula und Cucullea-Arten aus, welche ähnlich schon in der Devonformation auftreten.

Viele der im deutschen Muschelkalke vorkommenden Bivalven finden sich in der alpinischen Trias wieder; es kommen in letzterer aber auch noch viele neue Arten hinzu, unter denen die sogenannte Dachsteinbivalve, eine große Isocardia, zu erwähnen ist, welche in dem Bleiberger Muschelmarmor mit dem herrlichsten Perlmutterglanze und brennenden Farben erscheint.


Fig. 197.
Terebratula vulgaris.

Von Brachiopoden reicht Spirifer und Productus, Terebratula, Lingula und Orbicula in diese Formation herein. Productus kommen nur in den alpinischen Kalken vor, Spirifer fragilis dagegen findet sich dort und in den deutschen Triaskalken. Unter den Terebrateln ist die in Fig. 197 dargestellte Terebratula vulgaris sehr häufig; man erkennt in der Zeichnung das runde Loch im Schnabel der Bauchschale, welches alle Terebrateln auszeichnet, deutlich. Terebratula

trigonella mit sehr stark gefalteten Schalen kommt sowol im deutschen wie im polnischen und alpinischen Muschelkalke vor; auch die sehr kleine Form T. angusta ist nicht selten. Dagegen finden sich Lingula tenuissima und Orbicula discoides nicht häufig.

Strahlthiere haben für die triadischen Gesteine weniger Bedeutung. Seesterne, als Ophiura prisca und Aspidura Ludeni sind selten; Seeigel finden sich ebenfalls nur sehr einzeln; die vorkommenden Cidarisarten sind durch dicke, ovale Stacheln ausgezeichnet. Unter den Haarsternen ist der in Fig. 198 dargestellte Encrinites liliiformis zu erwähnen, dessen Stielglieder oft sehr häufig im Kalke der Trias vorkommen und bei den Kindern als Mühlsteinchen oder Spangensteinchen bekannt sind. Das Thier besteht aus dem Wurzelstück, dem langen, beweglichen, in der Fig 198 sehr verkürzt gezeichneten Stiele, dem Kelche und den daran sitzenden Fangarmen, deren Zahl von 2 bis 10 wechselt. Nach innen waren die Fangarme mit Tentakeln besetzt, welche sich bei der Entfaltung derselben ausbreiten. Außer diesem Criniten sind nur noch Encrinus dubius und varians, Dadocrinus gracilis und Pentacrinus laevigatus zu nennen.

Korallen sind sehr selten; in den alpinischen Abtheilungen der Trias kommen zu den Asträen zählende Cnemidiumarten und zu den Turbinolien zu stellende Montlivaldien vor; sonst sind einige andere Asträen und Turbinolien nur als große Seltenheiten zu bemerken. Die unter dem Namen Rhycocorallium sehr häufig vorkommende hufeisenförmige Wulste bildende Versteinerung wird nebst andern schlangenförmigen Wulsten Scyphia und Spongia zu den Amorphozoen gestellt.

Infusorien wurden in Hornsteinmassen der Trias bemerkt.

b. Pflanzen.

Die aus der Trias bekannten Pflanzenspezies sind noch nicht sehr zahlreich, einestheils weil der Natur der Sache nach in der Wüstenbildung des Buntsandsteines kaum eine Pflanze wuchs, sich darin vielmehr nur an einzelnen Stellen eingeschwemmte oder verschüttete Gewächse finden konnten, anderntheils, weil die in den obern Lagen der Formation entwickelten Sümpfe am Meeresufer lagen und nur die am Strande wachsende ärmliche Flora aufnehmen konnten.



Fig. 198. Encrinites liliiformis.

Wir finden Algen und Conferven in den Kalksteinen, wie in den Sandsteinen. In den schwach entwickelten Steinkohlenschichten (der sogenannten Lettenkohle) und den tiefern Schieferthonbänken, kommen etwa 50 Farnarten vor, unter denen viele nur dieser Formation eigenthümlichen Geschlechtern zustehen. Die Familien Odontopteris, Neuropteris, Pecopteris, Sphenopteris hat sie mit den paläozoischen und allen andern Formationen gemein, wogegen Desmophlebis, Coniopteris, Protopteris, Gutbiera und einige andere ihr ganz besonders

zugehören. An Equiseten ist kein Mangel; es sind namentlich ächte Schachtelhalme in Menge und überall vorhanden, wie denn auch jetzt solche Pflanzen noch gern im feuchten Sande wachsen. Zwischen Equisetum und Calamites mitten inne stehende Equisetites sind eben so zahlreich vertreten, und aus der Familie der Calamiten ist noch eine baumförmige Spezies, Calamites arundinaceus, welche Stengel von 1 Fuß Durchmesser hatte, vorhanden. — Auch Asterophylliten, als Aethophyllum speciosum und stipulare und Schizoneura paradoxa, begleiten die aus der pälaozoischen Zeit herüberreichenden Calamiten.

Cycadeen beginnen sich zahlreicher zu entwickeln; es sind Zamiten, Ctenis und Pterophyllum, welche in 10 Arten vorgefunden wurden. Unter den Coniferen ist die in der permischen Formation schon vorkommende Volzia eine den Araucarien verwandte breitblättrige Tanne, welcher sich die Haidingera in vielen Arten anschließt, vorherrschend. Araucarienstämme werden vielfach verkieselt gefunden; Pinites und Taxodien stellen sich ein. Monokotyledonen sind nur in wenigen Arten bekannt.

Von Thierarten sind aus der Trias bekannt:

Wirbelthiere	28 Arten
Gliederthiere	7 "
Mollusken	723 "
Strahlthiere und Foraminiferen	117 "
	875 Arten.

Von Pflanzen:

Conferven	4 Arten
Farne	50 "
Asterophylliten	3 "
Calamiten (2), Equiseten (11)	13 "
Cycadeen	10 "
Coniferen	12 "
Monokotyledonen	6 "
	98 Arten.



Fig. 199. Der Gorischstein.

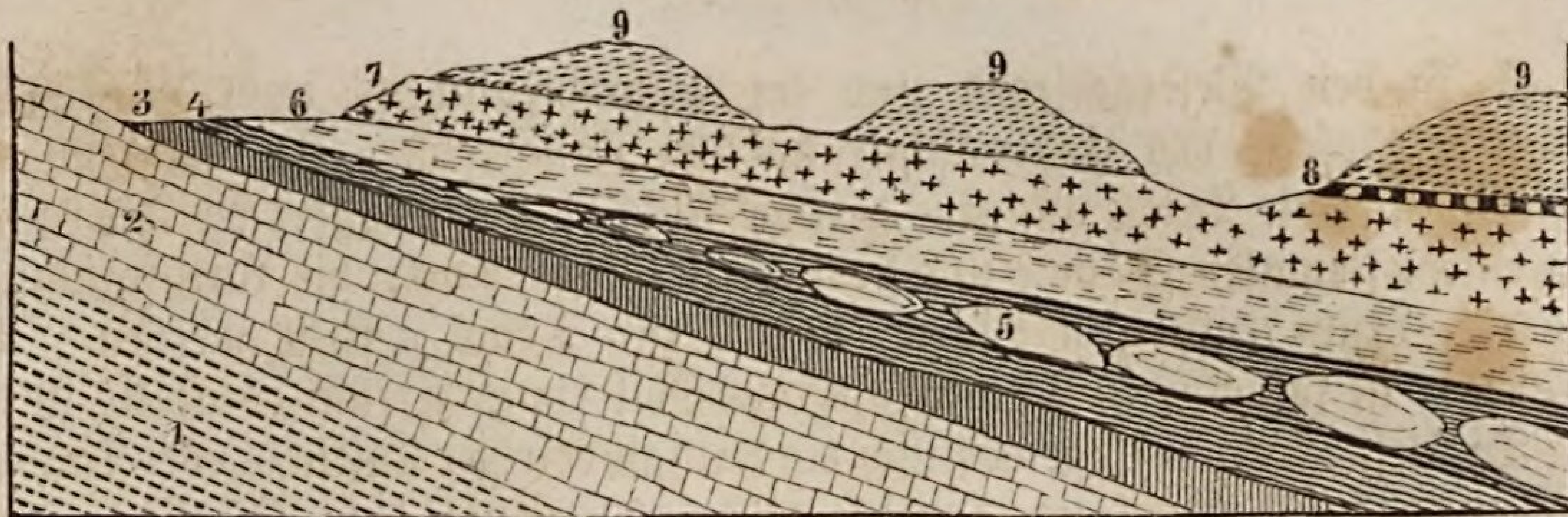


Fig. 200. Trias am Neckar.
1. Vogesensandstein; 2. Buntsandstein; 3. Röth; 4. Wellenkalk; 5. Steinsalz; 6. Anhydrit; 7. Hauptmuschelkalk; 8. Lettenkohle; 9. Keuper.

1. Sedimentäre Gesteine der Triasformation.

Die Trias ist in Deutschland, wie schon oben angeführt wurde, aus drei großen Schichtenverbänden zusammengesetzt, deren älteste als Buntsandstein, deren mittlere als Muschelkalk und deren jüngste als Keuper bekannt sind.

Der Buntsandstein zerfällt an manchen Orten in mehrere Etagen; er beginnt öfters, wie am Harze, mit Thon und Mergel, denen Gyps und Kalk eingelagert sind; anderwärts, wie im Odenwalde und den Vogesen, sind seine tiefsten Schichten Conglomerate und scharfkörnige Sandsteine. Die mittlere Abtheilung, welche in manchen Gegenden ganz allein die Formation vertritt, ist ein abwechselnd aus glimmerhaltigen Sandsteinschiefern, aus feinkörnigem Sandstein und Schieferthon gebildetes Schichtensystem. Die Sandsteine sind meistens roth mit weißen Streifen und Wolken, woher der Name; zuweilen kommen sie aber auch auf weite Erstreckung weiß oder gelb vor; sie bilden, wie alle mächtigen Sandsteinablagerungen, oft groteske Berglandschaften, wie z. B. in den Vogesen und in der Rheinpfalz.

Ueber dem Sandsteine liegt abermals eine Reihe Schieferthon, Mergel und Sandsteinschiefer, mit Gyps und Steinsalz, mit schwachen Steinkohlenlagern. Sie fehlt fast nirgends, wo der Muschelkalk mit dem Buntsandstein zusammentrifft, und ist dessen Unterlage, gebildet an den Stellen des Wüstenlandes des Buntsandsteingebirges, welche durch Bodensenkung allmälig wieder unter das befruchtende Meer herabgetaucht wurden. Diese Abtheilung des Buntsandsteines in Franken und der Rhön, neuerdings Röth genannt, enthält sehr oft Pseudomorphosen von Quarz nach Kochsalzkrystallen, jedoch nur selten Versteinerungen.

Der Buntsandstein ist verbreitet und von großer Mächtigkeit in Mitteldeutschland, von den Vogesen über den Odenwald und Spessart, die beiden Hessen, die Rhön, am Harze und in Thüringen; er senkt sich oft unter den Muschelkalk herab, scheint diesen jedoch nicht überall zu unterlagern, und fehlt namentlich ganz unter demselben in Polen und Oberschlesien. Am Nordrande der österreichischen Alpen von Rosenthal bis Eisenerz, tritt er dagegen in einer wenig mächtigen, glimmerreichen Schicht unter dem Muschelkalke hervor; und ist in den südlichen Alpen im Fassathale, in der Seißeralpe, in Krain und Kärnten sehr verbreitet.

Im nordöstlichen Deutschland bildet der Buntsandstein und der daraufliegende Keuper die Trias; hier ist sie eine Dyas, indem der Muschelkalk gänzlich fehlt.

So ist es in den Wesergebirgen und im Luxemburgischen, auch in England und an der Südseite des Centralplateaus von Frankreich. In England und Frankreich bedeckt die Trias nur eine geringe Fläche; sie umlagert die ältern Gesteine in einem schmalen Saume und verliert sich bald unter die Juraformation. Nordamerika besitzt rothe Sandsteine, welche zur Trias gestellt werden. Der Muschelkalk ist fast nur in Deutschland ausgebildet; er zerfällt ebenfalls in drei Glieder. Die tiefste Schicht ist gewöhnlich ein welligschiefriger Kalkstein oder Dolomit, der Wellenkalk und Wellendolomit, worin nur wenige thierische Reste, dagegen eine Menge wulstförmige Gestalten, die an mit Kalk überzogene Algen erinnern.

Auf den Wellenkalk folgt an den meisten Stellen eine Anhydrit- und Steinsalzgruppe, welche jedoch auch vielfach fehlt und sich nur in einzelnen Bassins ausgebildet zu haben scheint. Am Neckar bei Wimpfen, Rappenau, Jagstfeld, Wilhelmsglück, Dürrheim, Schwenningen, Rottmünster besteht sie aus einem etwa 60 bis 100 Fuß mächtigen Steinsalzlager, welchem 2 bis 300 Fuß dicke Schichten Gyps und Anhydrit, Dolomit und Mergel folgen; auch bei Basel und Sigmaringen fehlt sie nicht. Am Thüringer Walde sind bei Buffleben, Stotternheim und Arnstadt ebenfalls reiche Steinsalzlager, nicht weniger im Hannöverschen bei Göttingen und Lüneburg und vielen andern Punkten, endlich in Lothringen bei Sarralbe. Wo Gyps und Steinsalz fehlen, herrschen Mergel und dolomitische Gesteine, in welchen zuweilen Saurierknochen vorkommen.

Ueber dem Steinsalz und Wellenkalke verbreitet sich gleichförmig der Hauptmuschelkalk, worin in Deutschland vorzugsweise Ceratites nodosus, Terebratula vulgaris, zahlreiche Conchiferen und Encrinites liliiformis, in den Alpen jene kleinen Ammoniten und Belemniten vorkommen, deren wir oben gedachten. Der Hauptmuschelkalk besteht in der Regel aus stark geschichteten dichten Kalksteinen, welche am Main nächst Würzburg und Schweinfurt als schroffe Felsmauern zu Tage stehen. In Oberschlesien und Polen, wo von allen Gliedern der Trias nur der Muschelkalk vorhanden ist, kommen darin Eisenerze, Bleiglanz und Galmei vor, wovon weiter unten noch die Rede sein wird. Nach oben geht diese mittlere Gruppe der Trias durch Mergel und Thon allmälig in die obere über, welche den Namen Keuper erhalten hat, nach der Bezeichnung, die ihren bunten Mergelthonen von den Bewohnern Frankens und Schwabens beigelegt werden.

Das tiefste Glied des Keupers besteht entweder, wie in Deutschland, aus einer Süßwasserbildung mit schwachen Steinkohlenlagern, der Lettenkohle, über welcher Gyps mit Pflanzenabdrücken folgt; oder, wie in Frankreich, aus Gyps, Anhydrit, Steinsalz und Thon, worüber Mergel mit schwachen Kohlenflötzen anstehen. Die Steinsalzschichten, deren sich in Lothringen bei Dieuze und Petoncourt 13 bis 17 folgen, und die eine Gesammt-Mächtigkeit von 80 bis 150 Fuß erreichen, liegen unter der Lettenkohle und folgen unmittelbar auf den Hauptmuschelkalk. Ueber sie hin stehen Dolomite und Mergel an; während der Gyps über der fränkischen und schwäbischen Lettenkohle durch bunte Mergel und Sandsteine überlagert wird. Die bunten Mergel und Schieferthone, blau, roth, gelb, violett, weiß, grün gefärbt, geben mit dolomitischen Stückmergeln und thonigen Quarziten wechselnd

dem Boden ein sehr buntfarbiges Aussehen. Die Keupersandsteine sind feinkörnig und meistens gelb oder grünlich gefärbt; sie eignen sich zu Bauwerken und geben deshalb häufig in Franken, Schwaben und Westfalen Gelegenheit zu großem Steinbruch-Betrieb. In England ist der Keuper ebenfalls unmittelbar auf den Buntsandstein gelagert und führt in seiner untern Partie Anhydrit, Gyps und Steinsalz, welches letztere bei Droitwich in Worcestershire an 100 Fuß mächtig ist.

2. Metamorphosirte Gesteine der Triasformation.

In den Alpen beobachtete Charpentier schon 1814 krystallinische Schiefergesteine, namentlich Granat einschließende Glimmerschiefer, mit den Versteinerungen der auf die Trias folgenden Juraformation. Diese metamorphosirten Schichten sind mit kalkhaltigen Gneusen (Protogine), Syenit und Granit verknüpft, aus deren Struktur Volger den Schluß zog, daß sie ehemals Kalkstein waren, welcher durch Stoffwachsen und Metamorphose in jene krystallinische Form gebracht wurde. Diese, somit fälschlich zu den erstgebildeten Felsmassen (Protogine) der Erde gestellten Gesteine wimmeln von Pseudomorphosen der Kieselerde und der wasserfreien Silikate nach Kalkspath, stehen in Verbindung mit Kalksteinen, in welchen sich, während sie krystallinisch wurden, Feldspath, Albit, Granat, Epidot, Glimmer, Pyroxen u. a. Silikate entwickelt haben. Durch die Umkrystallisirung schwoll die Masse dieser anfänglich dichten Gesteine beträchtlich an, wodurch die Aufrichtung und Beugung der überliegenden Schichten bewirkt werden mußte. Sehr viele krystallinische Gesteine der Alpen, namentlich diejenigen, welche mit den krystallinisch gewordenen Juragesteinen vergesellschaftet sind, dürften deshalb als metamorphosirte Triaskalke angesehen werden.

Der lagerförmige Anhydrit der Trias ist sehr oft durch Aufnahme von Wasser zu Gyps geworden. Dabei mußte die Masse sehr bedeutend zunehmen und da, wie sich in den Fumarolenthonen Islands und in den Braunkohlenthonen vieler Gegenden Deutschlands beobachten läßt, der Gyps bei seiner Entstehung sich gern auf einzelnen Stellen zusammenhäuft, so konnten und mußten Gypsstöcke entstehen, welche in den überliegenden Thon eindrangen, dessen Schichten aufbogen, durchbrachen und verknickten. Der Gyps ist demnach zu den metamorphosirten Gesteinen zu zählen; er ist es da, wo er in krystallinischer Form auftritt, während er in den Lagern, wo er Pflanzen- und Thierreste einschließt, ohne Zweifel sedimentärer Entstehung ist.

Die Salzstöcke, welche den Gypsstöcken ähnlich auftreten, sind wahrscheinlich gleicher Bildung, indem das in den aus Meerwasser abgesetzten Sedimenten ursprünglich enthaltene Chlornatrium sich im Laufe der Jahrtausende auf einzelnen Punkten concentrirte, und in jenen Sedimenten nur seine Krystallform zurückließ, die nun durch Quarz eingenommen wird.

Auch der krystallinische Dolomit, welcher in der Trias zuweilen vorkommt, gehört zu den metamorphosirten Gesteinen, während der dichte, feinerdige ursprünglich aus bittererdehaltigen Flüssigkeiten abgesetzt wurde, wie die dolomitischen Kalktuffe mancher Quellen.

3. Eruptive Gesteine der Triasformation.

Die **Felsitporphyre**, welche in Tyrol den Buntsandstein unterlagern, scheinen mit demselben ungefähr gleichzeitig entstanden zu sein, jedenfalls aber erhoben sich die mit diesem Sandsteine in einiger Verbindung auftretenden Porphyre von Roquebrune in der Provence während der Ablagerung der Trias, denn zwischen den Schichten der Sandsteine finden sich Lager von Porphyr und Porphyrtuffen.

Melaphyr findet sich am Domberge bei Suhl im Thüringer Walde auf die steil gegen ihn einfallenden Schichten des Buntsandsteines gelagert; zwischen beiden Gesteinen setzt ein weit ausgedehntes Lager von Flußspath und Rotheisenstein auf. Auch im Fassathale durchsetzen Augitporphyre, welche man zu den Melaphyren rechnet, den Muschelkalk und bilden über ihm Lavaströme und Melaphyrtuffe. Wir erkennen hieraus, daß die Laven, welche unter den Gesammtnamen Melaphyr und Felsit zusammengefaßt werden, während verschiedener Zeitperioden entstanden sind; denn wir haben ihre Lavaströme, Tuffe und Geschiebe als Zwischenlager in der Steinkohlen- und permischen Formation schon kennen gelernt. Wahrscheinlich sind aber alle diese Felsite aus obsidianischen, und alle Melaphyre aus pyroxenischen Laven durch Umwandlung entstanden, und es ist noch fernerer Untersuchung vorbehalten, die Grade der Metamorphose festzustellen, welchen sie nach ihren Altersstufen unterworfen gewesen sind.

4. Steinsalz, Eisen-, Kupfer-, Zinkerze, Schwefelspath und Steinkohle in der Triasformation.

Wir haben oben schon des häufigen Vorkommens von Steinsalz in der Trias erwähnt; man hat dieser Formation deshalb auch schon den Namen der steinsalzführenden beigelegt, ihn aber als unpassend wieder verlassen, weil auch alle andern Formationen salzführend sind.

In Deutschland, Frankreich und England kommt das Salz zwischen den Schichten des Buntsandsteines, Muschelkalkes und Keupers in ausgedehnten Mulden gelagert vor, abwechselnd geschichtet mit Thon, Dolomit, Anhydrit und Gyps. Bei Liebenhall und Sülbeck in Hannover und bei Schöningen im Braunschweigischen liegen die Steinsalzlager im Buntsandsteine. Die am Neckar und in Schwaben, sowie im Thüringischen und in Lothringen vorkommenden, viele Quadratmeilen Fläche bedeckenden, 20 bis 100 Fuß mächtigen Steinsalzlager gehören dem Muschelkalke an; die englischen und die über 3 Quadratmeilen ausgedehnten Lager von Dieuze in Lothringen, deren Stärke bis 150 Fuß anschwillt, finden sich im Keuper. Zahlreiche Salzquellen entspringen außerdem dieser Formation, so daß sie einen großen Reichthum dieses für die Oekonomie und die Gewerbe so hochwichtigen Stoffes darbieten. Um einen Begriff von der Menge des Steinsalzes zu geben, das die Trias birgt, erwähnen wir nur, daß eine Fläche von 10,000 Fuß im Quadrat, d. h. eine Quadratstunde der Umgebung von Wimpfen und Jagstfeld, bei einer Mächtigkeit des Salzlagers von nur 60 Fuß, sechstausend Millionen

Centner Salz enthält, und daß, wenn der jährliche Bedarf eines jeden Bewohners auf 25 Pfund gesetzt wird, die etwa $28^1/_2$ Millionen Seelen starke Bevölkerung des Zollvereines über achthundert Jahre lang an diesem kleinen Bruchstücke der Salzformation genug haben würde. Nun kennen wir aber schon die großen Salzlager des permischen Systemes in Deutschland, und werden ferner noch der ausgedehnten Salzlager der Jura- und Tertiärformation erwähnt finden; es ergiebt sich somit, daß kaum ein Land der Erde mehr Salz in seinem Boden birgt, als das deutsche. Die Gewinnung des Salzes geschieht entweder durch Bergbau, indem man die Salzlager durch Schächte und Galerien als sogenanntes Steinsalz herausnimmt, oder durch Bohrlöcher. In letzterem Falle werden etwa einen Fuß weite Löcher mit dem Erdbohrer bis in das Steinsalz hinab gebohrt, durch welche Fluß- oder Quellwasser hinabgeleitet wird. Nachdem sich dieses Wasser mit Salz beladen hat, schöpft es eine Pumpe an die Oberfläche zurück in eiserne Pfannen, worin es zu Koch- oder Siedesalz versotten wird. Die Unkosten bei dieser Gewinnung sind überall gering; der Centner Steinsalz verursacht z. B. in Württemberg nur 7 Kreuzer oder 2 Silbergroschen, der Centner Siedsalz dagegen 21 Kreuzer oder 6 Silbergroschen Fabrikationsunkosten.

Eisenerze kommen im Muschelkalke Oberschlesiens, namentlich in der Umgegend von Beuthen, Tarnowitz und Oppeln in 6 bis 30 Fuß mächtigen muldenförmigen Lagern vor. Es sind erdige und ärmere Braun- und Gelbeisensteine, welche jedoch für die oberschlesische Eisenindustrie hohe Wichtigkeit besitzen, da die in der dortigen Steinkohlenformation vorkommenden Sphärosiderite für sich allein nicht verschmolzen werden können. Anderwärts führt der Muschelkalk selten Eisenerze; es sind solche nächst Trier bekannt, welche auf einigen dortigen Hüttenwerken benutzt werden, auch die bei Nagold in Württemberg vorkommenden Bohnerze werden hierher gerechnet.

Im Buntsandsteine der Vogesen und der Rheinpfalz tritt Eisenstein in mächtigen Gängen auf. Er bildet große concentrisch schalige Massen, welche in Thon eingebettet liegen und die Veranlassung zur Anlage mehrerer Eisenhütten waren, deren eine, bei Niederschlettenbach gelegene, durch Schiller's Gang nach dem Eisenhammer große Berühmtheit erlangt hat. Auch bei Zweibrücken und Homburg in der Pfalz werden einige Brauneisensteinlager im Buntsandstein bebaut. Die zwischen Melaphyr und Buntsandstein bei Suhl vorkommenden flußspathhaltigen Rotheisensteinlager sind zwar meist abgebaut, so daß man aus den Gruben wenig mehr als einzelne schöne Schaustufen gewinnen kann, sie waren aber die Grundlage der schon im frühen Mittelalter hochberühmten Waffenschmieden von Suhl.

Kupfererze, namentlich Malachit und Kupferlasur, sind dem Buntsandstein in ähnlicher Weise beigemengt, wie dem Todtliegenden bei Rohden im Waldeck'schen, bei Wallerfangen im Saarbrück'schen, bei Waldshut in Baden und an einigen Punkten in England und Frankreich. In Deutschland wird dieses Kupfervorkommen durch den chemischen Hüttenprozeß nutzbar gemacht.

Bleiglanz kommt im Buntsandstein vor bei Commern in Rheinpreußen, wo er Knoten und Nester in solcher Häufigkeit bildet, daß darauf ein sehr erträglicher

Bergbau begründet werden konnte. Auch bei St. Avolo in der Nähe von Saarbrück besteht Bergbau auf solche Erze, welche einem 40 Fuß dicken Lagerstücke des Sandsteines eingesprengt sind. Bei Schlettenbach in der Rheinpfalz sind Gänge von Grünbleierz und Bleiglanz in einem Sandsteine, welcher vanadinsaures Bleioxyd eingesprengt enthält.

Im Muschelkalke werden Bleiglanzausscheidungen nicht selten bemerkt. Das Mineral kommt öfters in den Formen von Muscheln vor. Bauwürdig sind jedoch nur die mächtigen Lager im Muschelkalkdolomit Oberschlesiens und Polens, woselbst das Erz in Schnüren und Lagern von Zoll- bis Fußdicke auftritt, und Veranlassung zu reichem Bergbau wurde.

Galmei kommt als 2 bis 12 Fuß mächtiges Lager in mehreren, einige Quadratstunden umfassenden Mulden in Oberschlesien und Polen vor. Diese Mulden sind dem Muschelkalkdolomit eingelagert, werden durch viele Tausend Bergarbeiter ausgebeutet, und geben den meisten Stoff zur deutschen Zinkdarstellung.

Auch bei Wiesloch in Baden finden sich im Hauptmuschelkalke reiche Galmeilager. An beiden Punkten ist der Galmei dem Kalke zugeführt, was aus den Pseudomorphosen desselben nach organischen Formen (den Versteinerungen) erkannt wird. Der Triaskalk von Kärnthen, Tyrol und Steiermark führt bei Kappeln, Rattenberg und Schwatz u. s. w. Fahlerze mit Blei, Gold und Silber, welche bergmännisch bebaut werden.

Schwerspath finden wir in Nestern und Gängen im Buntsandstein der Rhön.

Steinkohle ist zwar bis jetzt nirgends von großer Mächtigkeit in der Trias bekannt geworden. Die 1 Fuß dicke Pechkohlenschicht von Pompidon in Frankreich und die abbauwürdigen Steinkohlenflötze bei Steierdorf im Banate lagern im Buntsandsteine. Die Lettenkohle des Keupers ist in der Regel sehr verunreinigt, und obgleich die Lager weit aushalten und oft mehrere Fuß dick sind, doch nirgends bauwürdig. Sie wird zu Leuchtgas und Mineralöl (Photogen) benutzt.

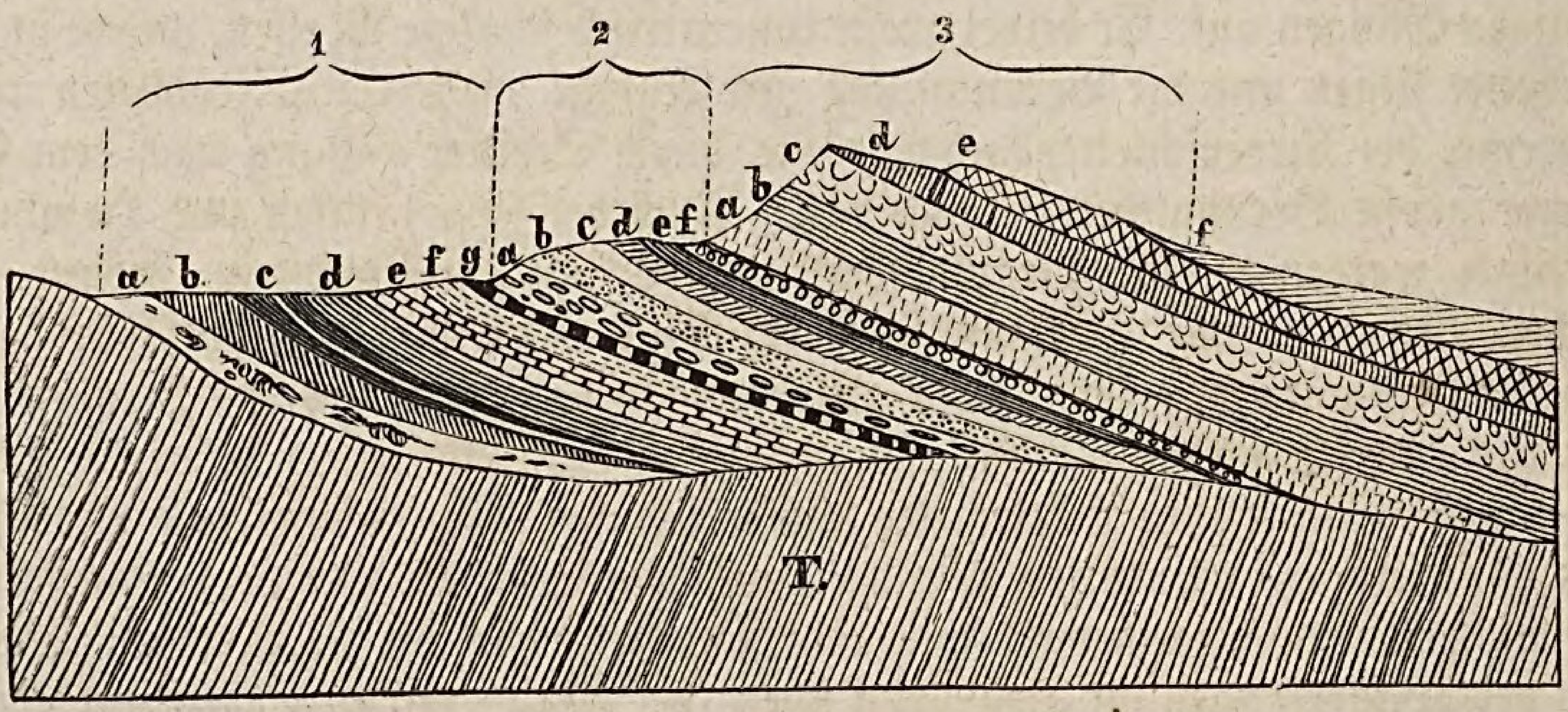


Fig. 201. Juraformation in Schwaben.

T. Triasformation. 1. Schwarzer Jura oder Lias a. Saurierschicht; b. Alpha-; c. Beta-; d. Gamma-; e. Delta-; f. Epsilon-; g. Zeta-Schicht. 2. Brauner Jura. a. Alpha-; b. Beta- oder Eisenoolith-; c. Gamma-; d. Delta-; e. Epsilon-; f. Zeta-Schicht. 3. Weißer Jura. a. Alpha- (Mergel-); b. Beta- (geschichteter Kalk); c. Gamma- (Schwämme); d. Delta- (geschichteter Kalk); e. Epsilon- (Korallen-); f. Zeta-Schicht mit Pterodactylus (lithographische Schiefer).



Fig. 202. Pterodactylus; theilweise zerstört; in Hälfte der natürlichen Größe.

B. Die Juraformation.

Die Juraformation, deren meerische Absätze sehr vollständig im Juragebirge und der schwäbischen Alp entwickelt sind, während ihre Land= und Süßwasserbildungen mehr im deutschen Norden, in Rußland, Ungarn einer= und in England und Spanien andererseits, sowie in Nordamerika, Australien und Ostindien bedeutender vorkommen, trägt ihren Namen vom Juragebirge.

Sie hat eine große Verbreitung sowol in Europa, als auch in Afrika und Asien, wird dagegen in Amerika nur als sehr ausgedehnte Land= und seltener als Meeresbildung gefunden, als welche sie sich auch in Australien darstellt. Auch in dieser Formation wird wiederum sehr klar, wie die Stoffzusammensetzung der neugebildeten Niederschläge zu allen Zeiten abhing von den Gesteinsmassen der Küsten und von deren Form. Wir sehen deshalb in verschiedenen Ländern die Juragesteine sehr abweichend gemischt. Was hier Thon, Mergel und Kalk, das ist dort Sand und umgekehrt. Wo die Tiefe des Meeres und die Klarheit des Wassers

Korallenriffe möglich machte, da sind solche entstanden; die Wohnstätten zahlloser Strahlthiere haben zwischen sich und dem alten Festlande ein breites ruhiges Atoll gelassen, worin sich unzählige Cephalopoden und Brachiopoden, viele Gasteropoden und Conchiferen ansiedelten und worin Fischeidechsen (Ichthyosauri) bequemen Aufenthalt fanden. Anderwärts strömten starke Flüsse in das Meer, und entwickelten an ihren Mündungen Deltas mit großen Sümpfen, worin Cycadeen, Farne und Coniferen, verbunden mit Conferven und Algen, den Stoff zu Steinkohlenflötzen ablagerten, worin Krokodile und große Saurier neben Mollusken des Süßwassers sich aufhielten. An den Flußmündungen vermischten sich die Anschwemmungen des süßen mit denen des gesalzenen Wassers; die durch verschiedene Thierreste bezeichneten Schichten greifen hier abwechselnd in einander über. Abermals an andern Stellen schnitten ruhige Buchten des Meeres tief in das Land herein; in ihnen lagerten sich die feinsten Schlammabsätze ab, zwischen deren Schichten Flugsaurier und geflügelte Insekten, mit Fischen, Krebsen und andern Meerbewohnern vereinigt, auf das schönste erhalten blieben. Oder es bestanden weite Kontinente mit ausgedehnten sumpfigen Niederungen, in welchen sich, wie auf jenen Flußdeltas, großartige Torflager ansammelten, welche wir heute als Steinkohlenflötze ausbeuten.

Die Juraformation ist von vielen Forschern untersucht worden; unter den Deutschen haben der Altmeister Leopold von Buch und dessen eifrigster Jünger Quenstedt, nebst von Mandelslohe, von Münster, H. von Meyer, Dunker, Bronn und viele Andere die darin vorkommenden Versteinerungen fleißig gesammelt und genau untersucht, während in Frankreich d'Orbigny, in der Schweiz Agassiz, Dessor, Studer und Escher von der Linth, in England Lyell, Lonsdall, Owen, Murchison, Sedgwick, Mantel u. A. eben so unermüdlich an der Enthüllung der Verhältnisse ihrer Lagerung als ihrer Fauna und Flora thätig waren.

Man theilt nach dem Aussehen der Gesteine und nach den verschiedenen Thier- und Pflanzenresten die Juraformation in mehrere Hauptabtheilungen ein. Da die Fauna und Flora aber in allen Gliedern sehr viel Uebereinstimmendes hat, wenn gleich jedes, je nach seiner Entstehungsart, seine Eigenthümlichkeiten besitzt, welche sich in manchen Gegenden scharf trennen, in andern dagegen mehr verwischen, so haben diese Eintheilungen nur einen örtlichen Werth. In Deutschland bezeichnen wir diese Abtheilungen als schwarzen, braunen und weißen Jura und Wälderthon; in England heißen sie Lias, Lower-Oolith, Middle-Oolith, Coralrag, Upper-Oolith und Wealdclay, in Frankreich werden sie durch Sinémurien, Liasien, Toarcien, Bajocien, Bathonien, Callovien, Oxfordien, Corallien, Kimmeridgien und Portlandien bezeichnet.

Wir betrachten die Versteinerungen der ganzen Juraformation im Zusammenhange.

a. Thiere.

Säugethierreste, namentlich Kinnladen und Zähne von drei kleinen Beutelthierarten, Phascolotherium und Ampitherium benannt, haben sich in der mittlern Abtheilung des englischen Jura's gefunden. Es ist bemerkenswerth, daß Beutelthiere auch schon in der Trias vorkamen, wenn die Fußstapfen des Chirotheriums von einer Känguru-Art herrühren; denn solche Thiere leben jetzt vorzugsweise in Australien, einem Inselvereine, von welchem aus geologischen Gründen mit Sicherheit nachzuweisen ist, daß er seit der Zeit der Ablagerung der Silur- und Devonformation nicht mehr unter Wasser sank, auch wenig Veränderungen in der allgemeinen Lage erlitten hat, sohin seine alte Fauna und Flora bis auf diesen Tag bewahren konnte. Zwar blieben viele Theile Rußlands, Nordamerika's, Deutschlands und Englands ebenfalls aus den frühesten Epochen her Festland, aber ihre Beziehungen zum Meere änderten sich und damit ihre klimatischen Verhältnisse. Vögel sind aus der Juraformation nicht bekannt; da sie aber schon vorher in ältern Gesteinen ihre Spuren hinterlassen haben, so dürften sie auch noch in dieser Zeitepoche bestanden haben.

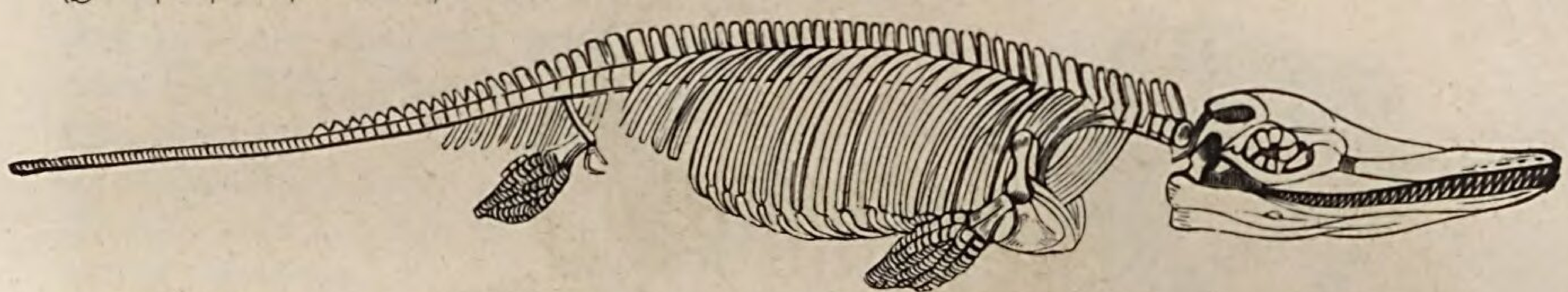


Fig. 203. Ichthyosaurus communis.

Desto mehr **Amphibien** sind darin aufgefunden worden. In dieser Zeit lebten an den Küsten der Inseln und Kontinente zahllose Fischeidechsen (Ichthyosaurus), wovon mehrere Arten bekannt sind. Man fand ganze Skelette von diesen zum Theil sehr großen Thieren, aber häufiger einzelne Theile, Zähne, Köpfe, Wirbel, sogar ihre Excremente, aus deren Inhalt der Schluß gezogen werden kann, daß Krebse, Fische, Muscheln und kleinere Saurier ihre Nahrung waren.

Der Ichthyosaurus communis ist die gewöhnlichste Fischechse des Jura; Fig. 203 versinnlicht das aus Bruchstücken wieder hergestellte Skelett eines solchen. Der Kopf ist auffallend stark und der Schnabel dick. Die Augen sind groß, nehmen $^1/_5$ bis $^1/_6$ der Schädellänge ein, und haben eine durch radspeichenförmige Knochen gestützte weiße Haut (Sclerotica), in deren Mittelpunkte sich die durchsichtige Hornhaut befand. Der Schnabel oder Rachen ist mit vielen starken kegelförmigen Zähnen besetzt, welche in einer Rinne der Kinnladen in einer Reihe hinter einander stehen und durch das Zahnfleisch festgehalten wurden.

Diese Thiere hatten, wie die Fische, keinen Hals, die Rückenwirbel sind dick und wie Damenbretsteine geformt. Nach oben sitzt an ihnen ein Bogen fest, die Rippen schließen jedoch nur an sie an. Außer den Hauptrippen machen sich in der Bauchgegend schmale Rippenstiele kenntlich, welche vielleicht wie Fischgräten im Fleische fest saßen. Man zählt bis zur Schwanzspitze 120 bis 150 Wirbel und 45 bis

50 Rippenpaare. Die vordern Arme sind gewöhnlich stärker als die hintern Schenkelnochen; an allen sitzen Hand- oder Fußwurzelknochen, welchen 60 bis 100 kleinere zu Flossen vereinigte Fingerknöchelchen zugesellt sind. Da man sehr vollständige Skelette gefunden hat, an denen wenigstens die Flossenfüße einer Seite in ihrer richtigen Lage erhalten blieben (nur die andere Seite ward während der langsamen Einschlämmung der Leiche durch Fäulniß zerstört), so konnte der Bau und das Wesen dieser Fischechsen sehr genau untersucht werden Sie waren etwa 24 Fuß lang und lebten wie Fische stets im Wasser, nie auf dem Lande. Man kennt davon aus dem braunen Jura drei, aus dem weißen Jura eine Art. Die in der Trias vorkommenden Ichthyosaurier waren höchstens 8 Fuß lang, also kleiner als die des Jura.

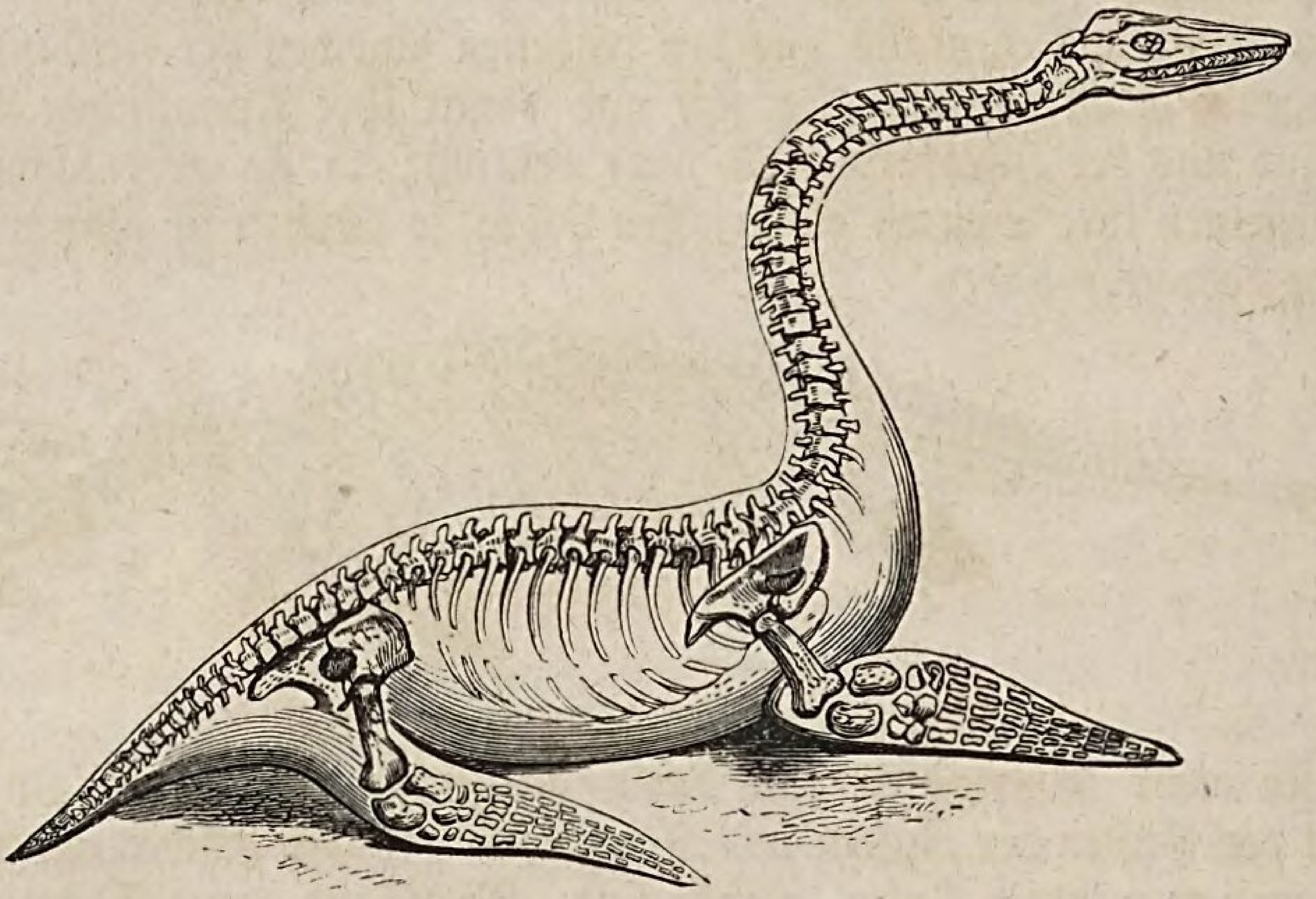


Fig. 204. Plesiosaurus dolichodeirus.

Langhälsige Saurier, mit Flossenfüßen, welche von Conybeare als in ihrem Bau den Lacerten näher stehend gehalten und Plesiosaurus genannt wurden, erreichen ebenfalls im schwarzen Jura oder Lias ihre höchste Entwicklung. Das Thier wird etwa 10 bis 25 Fuß lang, hat einen kurzen dicken Leib und Schwanz, dagegen einen langen Schwanenhals und kleinen Kopf. Die Flossen sind sehr lang und haben fünf durch eine Flossenhaut verbundene Finger. Im Halse befinden sich 30 bis 40, im Körper 20 bis 25 und im Schwanze 25 bis 30 Wirbel. Auch von Plesiosaurus hat man 3 bis 4 Arten entdeckt; die Art P. dolichodeirus (der Langhals), dessen Skelett unsere Fig. 204 darstellt, ist in mehreren vollständigen Exemplaren aufgefunden worden.

Das Thier bewohnte das Wasser und schwamm, wol mit dem Körper eingetaucht, während es den langen Hals mit dem Kopfe über der Oberfläche hielt. Auch in der Trias gab es schon Plesiosaurier, im obern weißen Jura und in der Kreide aber verschwinden sie.

Die fliegenden Saurier oder Pterodactyli, von denen Fig. 205 ein Skelett giebt, finden sich einzeln im schwarzen und braunen, mehr aber im weißen Jura, namentlich in den lithographischen Schiefern, wo ihre Skelette in gut erhalten gebliebenem Zustande gefunden worden sind. Es sind sehr sonderbare Thiere, welche im Bau ihres Knochengerüstes die Eigenthümlichkeiten des Vogels und der Fledermaus vereinen, und dabei einen mit starken Zähnen bewaffneten Saurierkopf tragen. Manche Arten haben am vordern Ende des Kopfes einen hornartigen Schnabel, weshalb ihnen der Name Rhamphorhynchus beigelegt wurde. Die Flügel des Thieres bestanden aus einer faltigen Haut, die durch die Knochen der kleinen Finger des Vorderbeines und den bei manchen Arten langen Schwanz ausgespannt wurden. Sie unterscheiden sich wesentlich von denen der Fledermäuse und dienten wol vorzugsweise als Fallschirme, wenn das Thier sich herablassen wollte, nachdem es mit seinen starken Krallen an Bäumen emporgeklettert war.

Die Fig. 202 giebt das Skelett von Pterodactylus crassirostris in der Hälfte der natürlichen Größe, jedoch mit zerbrochenem Hinterkörper und Flügel. Man kennt etwa 12 Arten, von denen keine mehr als 5 Fuß mit ausgespannten Flügeln mißt, während die meisten nur $2^1/_2$ bis 3 Fuß Höhe und Flugweite haben, andere aber kaum einen Fuß Länge erreichen. Diese Flatterechsen sind dem Jura eigenthümlich, die Knochen, welche in der Kreideformation davon gefunden und für Reste von Pterodactylen gehalten worden sind, bedürfen nochmaliger Prüfung.



Fig. 205. Pterodactylus, vollständiges Skelett

Sowol im schwarzen, als im braunen und weißen Jura sind Zähne und Knochen, selbst Köpfe von verschiedenen gavialartigen Sauriern gefunden worden. Es sind spitzschnauzige Krokodile, welche sich von kaltblütigen Thieren nähren und deren Rückenwirbel, wie Fischwirbel eingerichtet, eine große Biegsamkeit des Leibes zulassen. Sie unterscheiden sich nur hierdurch von den lebenden Gavialen. Man hat ihnen die Namen Teleosaurus, Macrospondylus, Mystriosaurus, Pelagosaurus zugelegt. Sie erreichten eine Körperlänge von etwa 20 Fuß und waren zum Theil mit starken Panzern versehen.

Auch Lacerten, die schrecklichen Dinosaurier, kommen im Jura vor. Es sind große, auch auf dem Lande leicht fortkommende Megalosaurier, Iguanodonten und Hyleosaurier bekannt, welche vorzugsweise dem Wälderthone angehören und nur in einzelnen Stücken auch im braunen Jura gefunden werden. Die Fig. 206 ist eine Wiederherstellung des am häufigsten vorkommenden Megalosaurus Bucklandi, welcher eine Länge von 40 bis 50 Fuß erlangt haben mag. Das Iguanodon, nach seinen Zähnen zu schließen ein Pflanzenfresser, erinnert im Bau an den Leguan, welcher in den Wäldern des heißen Amerika's lebt. Es hatte ein 4 bis 5 Zoll langes Horn auf der Stirn und war ein großes unbehülfliches Thier mit langem Schwanze. Owen berechnet seine Länge auf 28 Fuß. Der

Hyleosaurus war von ähnlicher Größe und ähnelte den Krokodilen. Außer diesen Riesenlacerten gab es jedoch auch noch mehrere kleinere, unsere Eidechsen an Größe kaum übertreffende Homäosaurus und mittelgroße von 5 bis 6 Fuß Länge, den Racheosaurus, den Pleurosaurus, Aequisaurus, den schuppigen Pholidosaurus u. a. m. Außerdem wurden in den Süßwasserabsätzen der Wälderformation mehrere Schildkrötenreste, namentlich von Trigonyx und Emys aufgefunden.

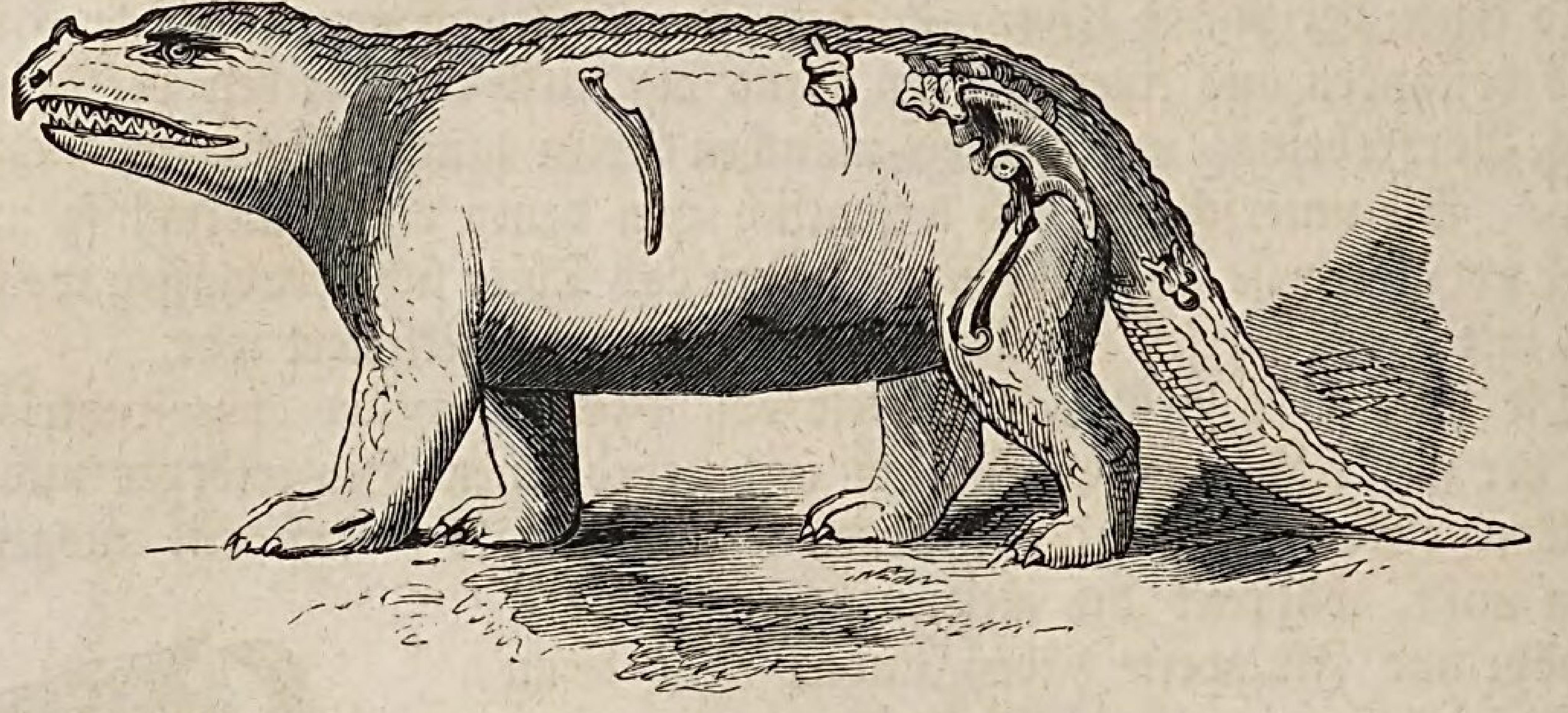


Fig. 206. Megalosaurus Bucklandi.

Fische sind ebenfalls sehr häufig und liegen in manchen Schieferlagen in großer Menge. Namentlich sind zu erwähnen Haifische, als: Notidanus. Zu Eichstedt wird davon ein ganzes Skelett von 8 Fuß Länge aufbewahrt, der Fisch hat im Unterkiefer fünf Zahnreihen, wie die heutigen Haie; es sind bis jetzt 3 bis 4 Arten bekannt, Oxyrhina 4 Arten, hübelzähnige Hybodonten und Hybodus 6 Arten. Von solchen Fischen, deren Rachen mit Zähnen gepflastert erscheint, sind Acrodus, Strophodus, Sargodon (7 Arten) zu erwähnen. Rochen oder Chimärinen sind ebenfalls vertreten in 2 bis 3 Arten, Ceratotas geht aus der Trias herüber. Von andern Knorpelfischen fanden sich Abdrücke ihres Körpers.

Die Anzahl der gleichschwänzigen Eckschupper ist sehr groß; es waren zwar schon in der Trias, vielleicht schon in dem permischen Systeme dergleichen vorhanden, im Jura aber nehmen sie an Zahl der Geschlechter und Arten sehr zu. Mit Schuppen bedeckte Lepidonten, deren kugelige Zähne eine feine Spitze haben, sind in 14 bis 15 Arten bekannt; die viereckschuppigen Dapedius- oder Tetragonolepis-Arten schließen sich ihnen in 6 bis 8 Arten an. Faltenschuppige Ptycholepis, Gyrolepis, Semionotus, viele, die Nahrung der größern Raubfische und Saurier bildende kleine Pholidophorus-Arten; Hornhechte oder Aspidorhynchus in 8 Arten; rippenschuppige Pleurolepiden, gepanzert wie ein Kriegsheld des Mittelalters, darunter Gyrodus; ferner Pycnodusarten, als: Microdon, Pycnodus, Pleurolepis u. s. w., sind sehr häufige Erscheinungen in allen Abtheilungen der Juraformation.

Mit spitzen Zähnen versehene langköpfige Raubfische, deren Wirbelsäule knorpelig war, während die Schuppen und Rippen aus Knochen bestanden, als

Caturus, Pachycormus, der hechtgestaltete Thrissops, die Megalurus-Arten und Leptolepis kommen sämmtlich in mehr als 40 Arten im weißen Jura und dem Wälderthone vor.

Eigentliche Knochenfische mit Gräten und Rückenwirbeln sind in der Juraformation noch nicht gefunden worden.

Unter den **Gliederthieren** herrschen die Krebse vor. Krabben sind in den Geschlechtern Prosopon, Pagurus vertreten; Langschwänzer, als Eryon, wovon Fig. 207 den E. arctiformis aus dem lithographischen Schiefer des weißen Jura darstellt, sind häufig. Der Brustschild ist meist stark gezackt und mit Knötchen bedeckt. Alle Theile, namentlich Füße und Scheeren sind wohlerhalten, die Schwanzglieder stark gekielt. Den unsern Flußkrebsen ähnlichen Astacus-Arten schließen sich Uncia und Orphnea, Mecochirus und Palinurus an. Auch an Garneelen mit starkglänzenden Schalen, wie Penaeus, Blaculla und Elder ist kein Mangel. Maulfüßer, Asselspinnen sind im lithographischen Schiefer gefunden worden; Cypris, die Büschelfüßer des Süßwassers stellen sich im Wälderthone ein, und die merkwürdigen Rankenfüßer sind als Pollicipes in dem weißen Jura vertreten.

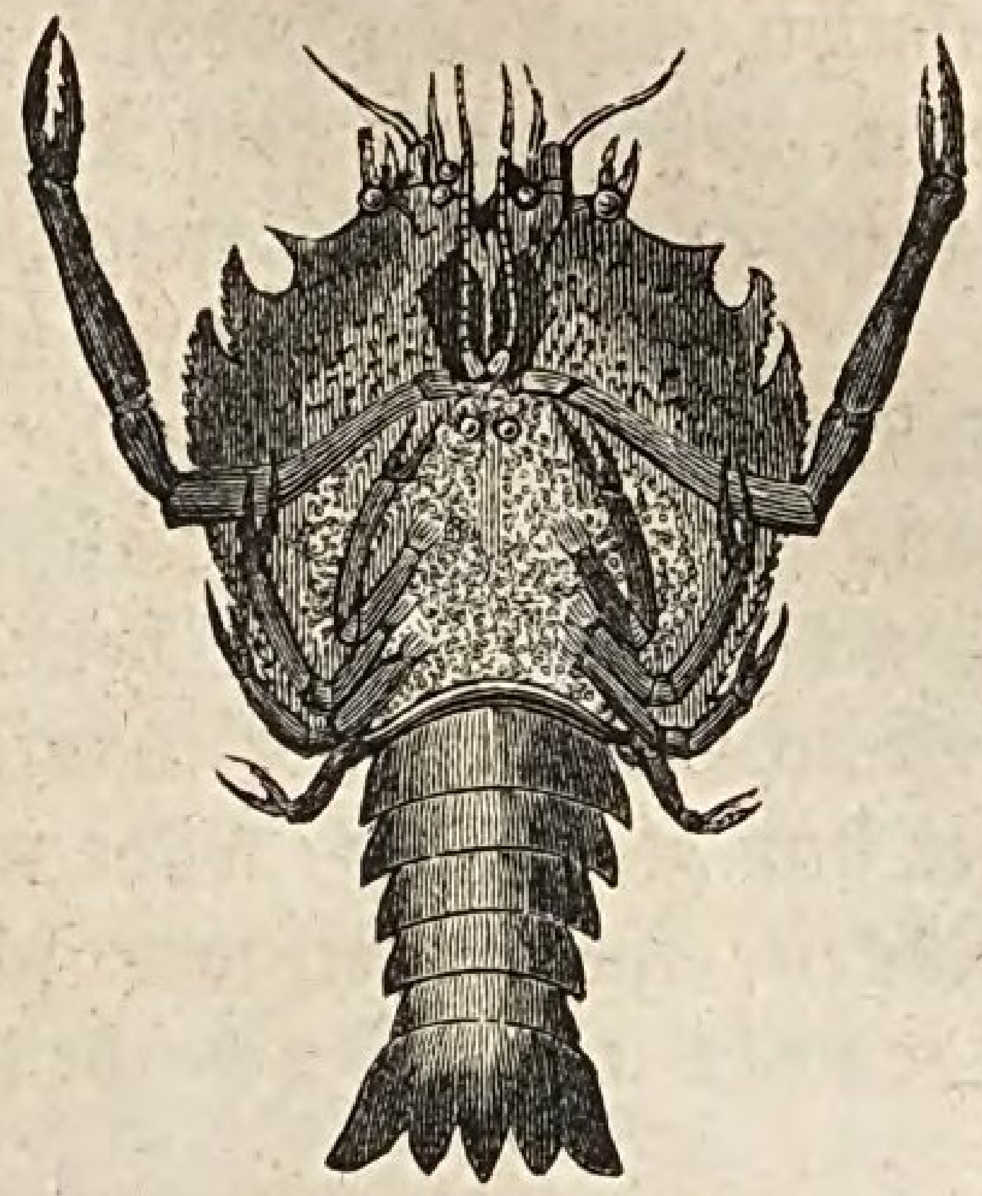


Fig. 207. Eryon arctiformis.

Langbeinige Spinnen, Phalagnita, kamen neben Käfern aus den Geschlechtern der laubfressenden Melolontha, der mistfressenden Coprophagen, der fleischfressenden Carabiden und Dytisciden vor, nebst vielen andern Käfern, unter denen sich Prachtkäfer Buprestiden, Cerambyx, Scarabäen, Curculioniden, Coccinellen und viele andere bemerklich machen. Grillen, Ameisen, Libellen, darunter Aeschna Münsteri, welche wir in Fig. 208 darstellen, Libellula und Agrion, Termiten, Wanzen, Schmetterlinge, Fliegen und Scolopendren sind vertreten.

Von Anneliden, namentlich Serpulen kommen viele Arten in unzähliger Menge auf Muscheln festgewachsen und lose für sich vor. Terebellen, Lumbricarien sind nicht selten und sogar Blutegel glaubt von Münster gefunden zu haben.

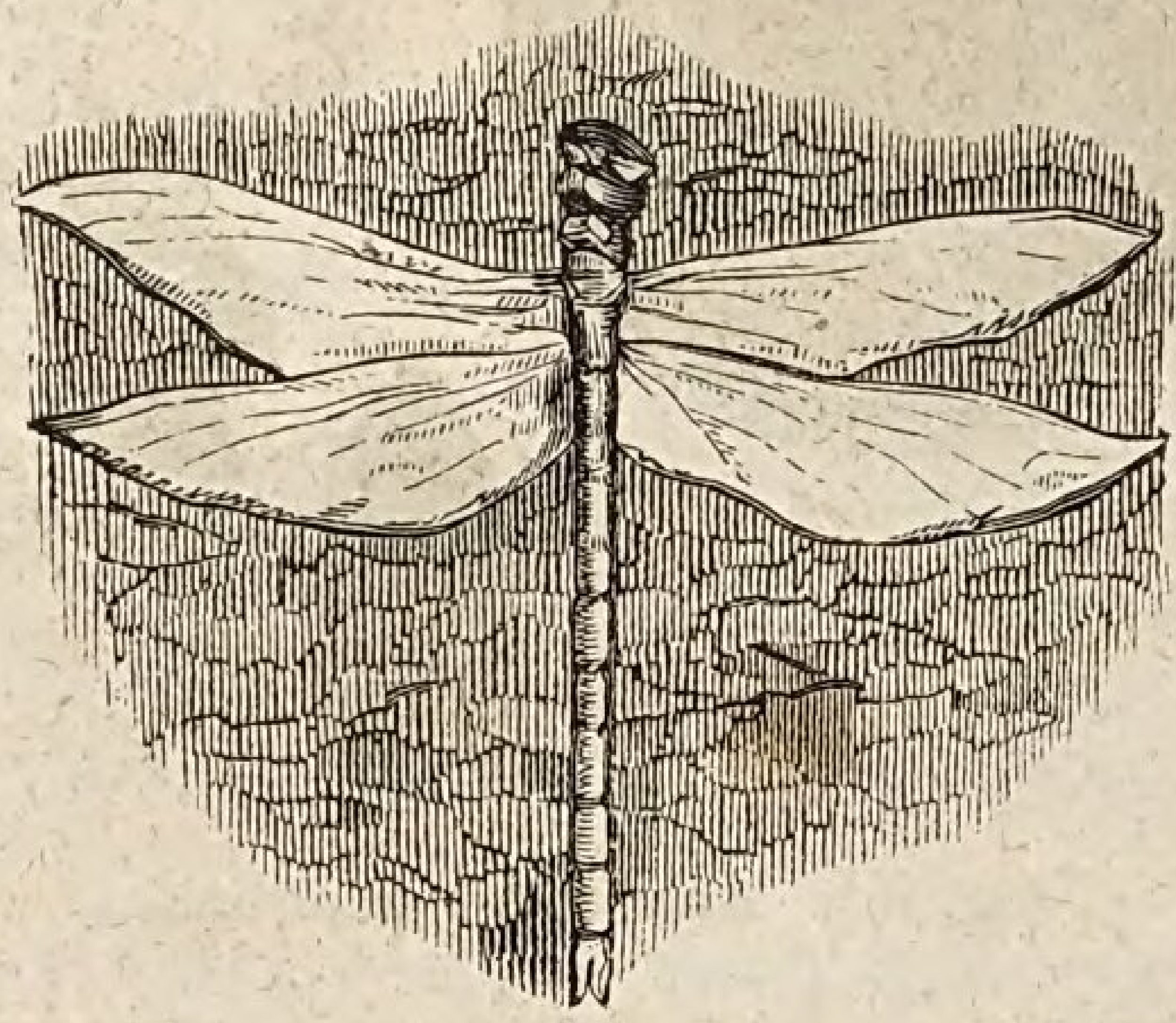


Fig. 208. Aeschna Münsteri.

Mollusken kommen ungemein zahlreich im Jura vor. Die Cephalopoden erreichen eine große Bedeutung; es sind allein über 300 Ammoniten, viele Belemniten und Nautiliten bekannt.

Tintenfische mit Hornschulpen und Tintenbeuteln, namentlich Teutolepsis, Belolenthis, Loliginites, Ptycholepis und Kelaeno kommen nicht selten im Jura vor und sind die ersten nackten Cephalopoden. Man findet außer den

Schulpen noch Häkchen Onychoteuthis, welche an den Saugnäpfchen solcher Thiere angesessen haben. Die Orthoceratiten sind gänzlich ausgestorben, von Mantiliten kommen dagegen 2 bis 3 Arten vor. Am bedeutendsten sind die Ammoniten. Bei der Beschreibung der in den ältern Formationen vorkommenden Cephalopoden ward darauf aufmerksam gemacht, daß die Goniatiten mit ungezahnten, winkligen Loben die ältesten, in aufgerollten Röhren lebenden Ammoniten seien, daß sie mit dem Auftreten der Ceratiten, welche einfach gezähnelte Loben haben, in der Trias ausgehen.

Die Ammoniten, mit ringsgezackten Loben, finden sich zuerst in den obern Triasschichten, gewinnen im Jura ihre größte Entwicklung und sterben in der Kreide gänzlich aus. In den verschiedenen Abtheilungen der Juraformation stellen sich sehr manchfaltige und abweichende Formen ein, bei welchen sich ein Hauptunterschied in der äußern Gestalt des Gehäuses bemerklich macht. Die Ammoniten der tiefsten Lager sind glattrückig, während die mittlern und obern Lager gekielt sind, d. h. am Rücken eine vorstehende scharfe Leiste, in der Form eines Schiffkieles haben. Leopold von Buch theilte die Ammmoniten des Jura in 18 Familien.

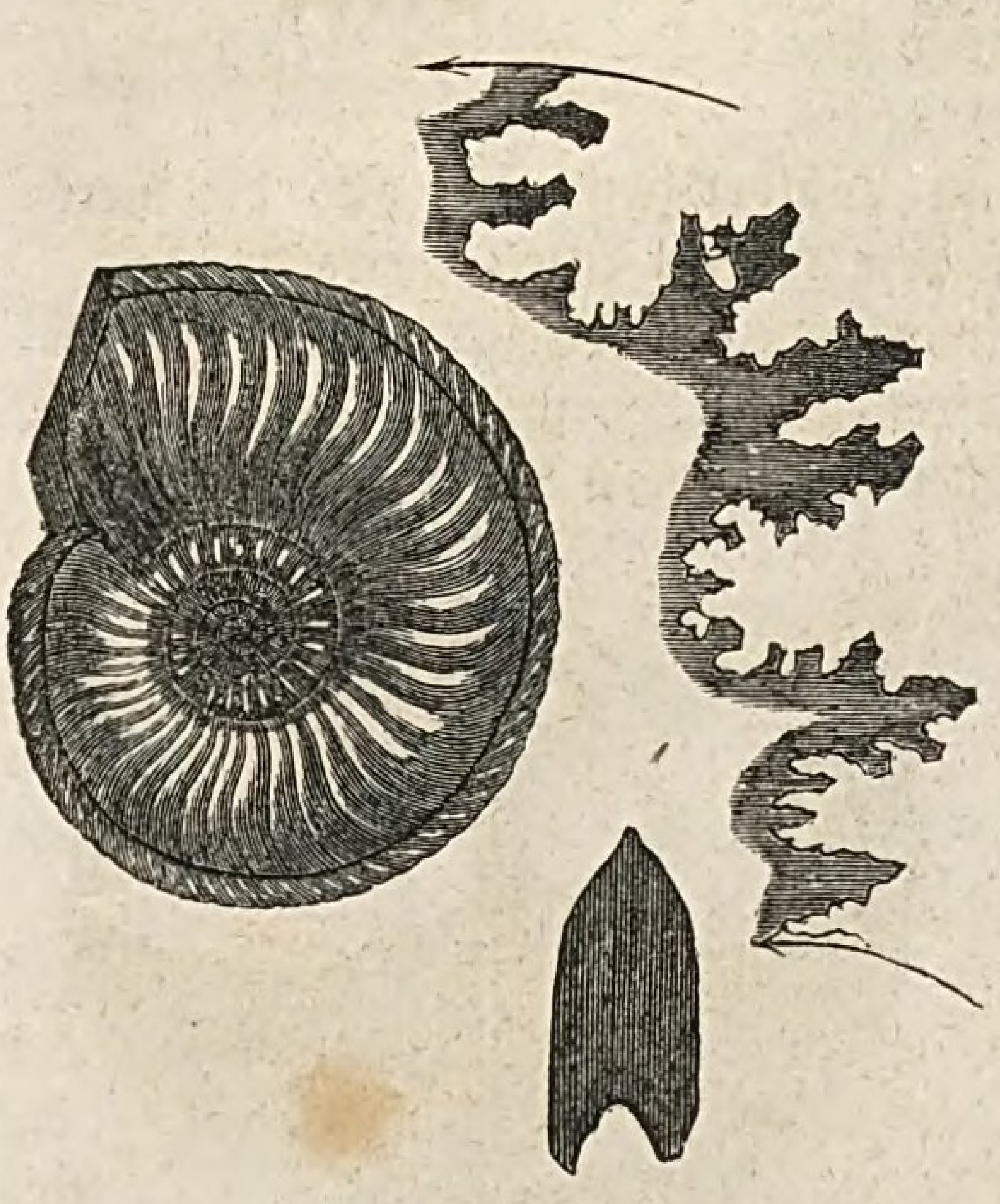


Fig. 209. Ammonites amaltheus.

1. Die **Arieten** (Widderhörner) haben entweder einen glatten Rücken wie Ammonites psilonotus, oder sie sind gekielt, wie A. rotiformis. Beide Familien kommen mit vielen Arten nur im schwarzen Jura vor.

2. **Capricornen** (Ziegenhörner), flach gewunden, mit stark gerippten Schalen. Sie finden sich vorzugsweise im obern schwarzen Jura, wo die Arieten aufhören. Es giebt sehr viele Arten davon. A. capricornus und polymorphus sind die häufigsten.

3. **Amaltheen,** mit knotigem Kiel und flachen Spiralstreifen auf dem flachen Gehäuse. In Fig. 209 geben wir ein Bild von Ammonites amaltheus. Die vordere Gestalt ist das Gehäuse mit abgebrochener Wohnkammer, welche sich bei gut erhaltenen Stücken als eine, in eine lange Spitze endigende, einmal um das Gehäuse laufende Kammer darstellt, an deren hinterm Ende die Loben beginnen. Wir gewahren in der Zeichnung den Kiel und die wenig hervorstehenden Rippen. Die Mündung ist, wie die untere Gestalt zeigt, im Querschnitte glatt und hoch wie ein Spitzbogenfenster, und greift nur wenig über die vorhergehende Windung herüber. Die Loben sind durch die vergrößerte Zeichnung rechts dargestellt, sie bilden vielgezackte, dicht hinter einander stehende Linien auf den oft in Schwefelkies glänzenden Steinkernen. Die Amaltheen, welche nach der einen Seite in

die Capricornen, nach der andern in die Heterophyllen verlaufen, sind zahlreich an Arten.

4. Die **Heterophyllen** sind sehr platte, stark involute, d. h. dicht eingewickelte Gehäuse mit blattförmigen, starkgezackten Loben. Es giebt viele Spielarten des Ammonites heterophyllus im braunen und schwarzen Jura, auch kommen sie schon in der alpinischen Abtheilung der Trias bei St. Cassian vor.

5. Die **Lineaten** sind fein concentrisch gestreifte, flach gedrückte Gehäuse, den vorigen ähnlich, mit stark gezackten, blattförmigen Loben. Ammonites lineatus und jurensis sind die bekanntesten Formen.

6. **Falciferen** (Sichelträger), mit sehr platten, stark gekieltem Gehäuse, worauf sichelförmig gekrümmte Rippen sitzen. In der Wohnkammer finden sich oft sogenannte Aptychusschalen, welche wahrscheinlich zum Ammonitenthiere gehörten. Zu den sehr verbreiteten, zuerst in den alpinischen Triasschichten und dann im obern schwarzen Jura vorkommenden Formen gehören Ammonites capellinus, serpentinus, opalinus, hecticus. Im weißen Jura scheint diese Form zu fehlen.

7. **Discea** (Scheibenförmige), scheibenförmige, schwach genabelte Ammoniten, mit schmaler hoher Mundöffnung, stark eingewickelt; mit glatter Schale und schneidendem Kiele. Der A. Metternichi bildet solche Scheiben von 2 Fuß Durchmesser.

8. **Denticulaten,** stark eingewickelte, flache oder kuglige Formen mit knotigem Kiele, oft mit Aptychen in der Wohnkammer. Ammonites flexuosus, mit seinen vielen Varietäten, A. lingulatus und dentatus gehören hierher.

9. **Ornaten,** deren Schalen mit langen Stacheln verziert sind. Sehr zierliche und schöne Formen zeigen A. aculeatus, spinosus, decoratus u. s. w., welche vom braunen Jura bis in die Kreide reichen.

10. **Dentaten,** mit sehr schmaler Mundöffnung und hohem zweikantigen Rücken. Die Kanten sind gewöhnlich gezähnelt, daher der Name. A. bidentatus, A. Parciesoni u. d. m. gehören dazu, sie reichen aus der Trias bis in die Kreide.

11. **Planulaten.** Die Mundöffnung gleich breit wie hoch, wenig eingewickelt, mit bindfadenförmigen Rippen bedeckt, welche sich am Rücken der Schale zwei- oder mehrfach spalten und ein Maschennetz bilden. A. biplex, A. polygyratus, convolutus, annulatus u. s. w. gehören zu dieser, überall im Jura vorkommenden Form.

12. **Coronaten.** Sie sind mit vielfachen Uebergängen an die vorhergehenden geknüpft, tragen aber auf den Seiten ausgezeichnete Dornenreihen, so daß sie wie Kronen aussehen. A. corona ist die ausgezeichnetste der vielen vorkommenden Arten.

13. **Macrocephalen.** Kugelgestaltige, gerippte Ammoniten, von denen A. macrocephalus und globosus die auffallendsten sind.

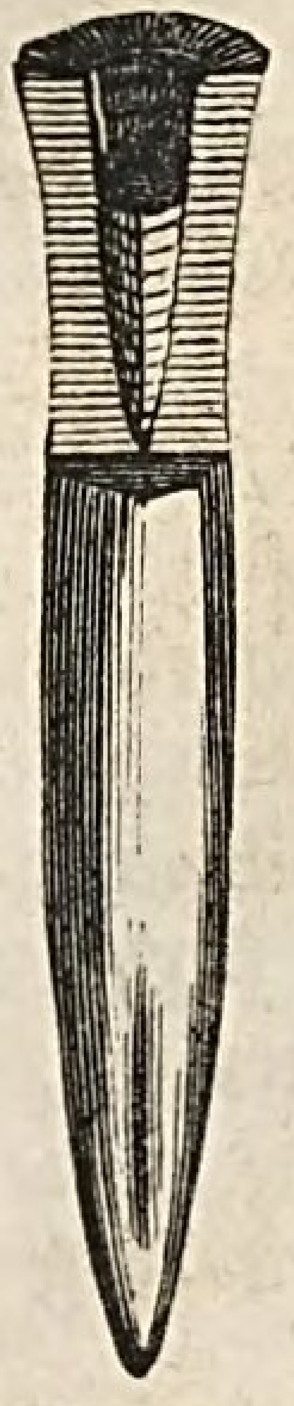
14. **Armaten,** mit vierseitiger Mündung; die das Gehäuse bedeckenden Rippen sind mit Stachelreihen bewaffnet. A. athleta, perarmatus, inflatus u. a. gehören hierher.

15. **Cristaten** kommen nur in der Kreideformation vor.

16. **Rothomagensis** eben so.

17. **Ligaten** eben so.

18. **Globosen,** Kugeln mit tiefem Nabel; angeschliffen zeigen sie zahlreiche Umgänge, die Schalen sind glatt; finden sich als A. bicarinatus schon in der alpinischen Trias bei St. Cassian und als A. aratus im alpinischen Jurakalke.


Fig. 210. Belemnites.

Außer diesen Ammoniten kommen auch noch mehrere Nebenformen als Hamiten vor, welche im nächsten Abschnitte weiter besprochen werden.

Die Belemniten sind Reste von eigenthümlichen Cephalopoden, welche keinen Tintenbeutel hatten, und zwischen den nackten und beschalten mitten inne standen. Der Belemnit (Geschoß) genannte Kalkrest ist fingerförmig, besteht aus concentrischen Kalkschichten und hat oben ein Loch, das Alveolarloch, Fig. 210, worin die einem Orthoceratiten gleiche, aus Kammern mit Sipho bestehende Alveole steckt. Die Alveole ragte mit ihren Kammern weit aus dem Alveolarloche heraus, sie bildete einen Anhalt für das Thier. Diese Thiere treten zuerst in der alpinischen Abtheilung der Trias auf und reichen bis in die Kreide, wo sie aussterben. Im mittlern Juragesteine (braunen Jura) sind sie am häufigsten. Sie kommen in verschiedenen Formen, klein und mehrere Fuß lang vor, man unterscheidet etwa 30 Arten, unter denen Belemnites brevis, paxillosus, digitalis, giganteus, canaliculatus, hastatus sich häufig finden. An manchen Orten sind ganze Schichten mit diesen Resten erfüllt.

Gasteropoden kommen in großer Menge im braunen und weißen, auch im schwarzen Jura vor; doch sind in letzterm weniger Geschlechter vertreten. Im Wälderthone sind Süßwasserschnecken, als: Valvaten, Limnäen, Paludinen, Planorben, Physa und Potamiden, in den meerischen Ablagerungen Trochus, Turbo, Pleurotomaria, Cerithium, Turritella, Fusus, Litorina, Rostellarien, Natica u. s. w. zu nennen, welche sich in der Gestalt den jetzt lebenden immer mehr nähern.


Fig. 211. Gryphaea arcuata.

Die Anzahl der Conchiferen ist groß; die meisten kommen im braunen Jura und in der Wälderformation vor, in letzterer die Süßwassermuscheln Unio, Cyrena, Cyclas, Pisidium noch lebenden ähnlich; in ersterer sind Meermuscheln. Die eigentlichen Austern, flache, mit der Schloßgegend an den Boden wachsende, einmuskelige Muscheln, kommen zuerst in reichlicher Menge im braunen Jura vor; was im Triaskalke und Zechsteine gefunden wurde, ist dagegen ganz unerheblich. Die gefaltete Form Ostrea cristagalli ist der ostindischen Hahnenkammauster ähnlich, aber weit dicker und stärker; glatte sind zuweilen an andern Muscheln fest gewachsen.

Die Gryphaea ist eine Auster, deren untere Schale stark concav wächst, während die andere ein flacher Deckel bleibt. Sie kommt im schwarzen Jura sehr

häufig vor, und namentlich bedeckt die, in Fig. 211 dargestellte Gryphaea arcuata oft ganze Quadratmeilenflächen dicht an einander gefügt, wie gepflastert. Die Exogyren sind ebenfalls Austern, welche vielfach gekrümmt und schmal hoch hervorstehende Wirbel haben. Sie finden sich erst im weißen Jura.

Kammmuscheln oder Pectiniten liegen in großer Menge im Jura, auch Plagiostomen von bedeutender Größe.

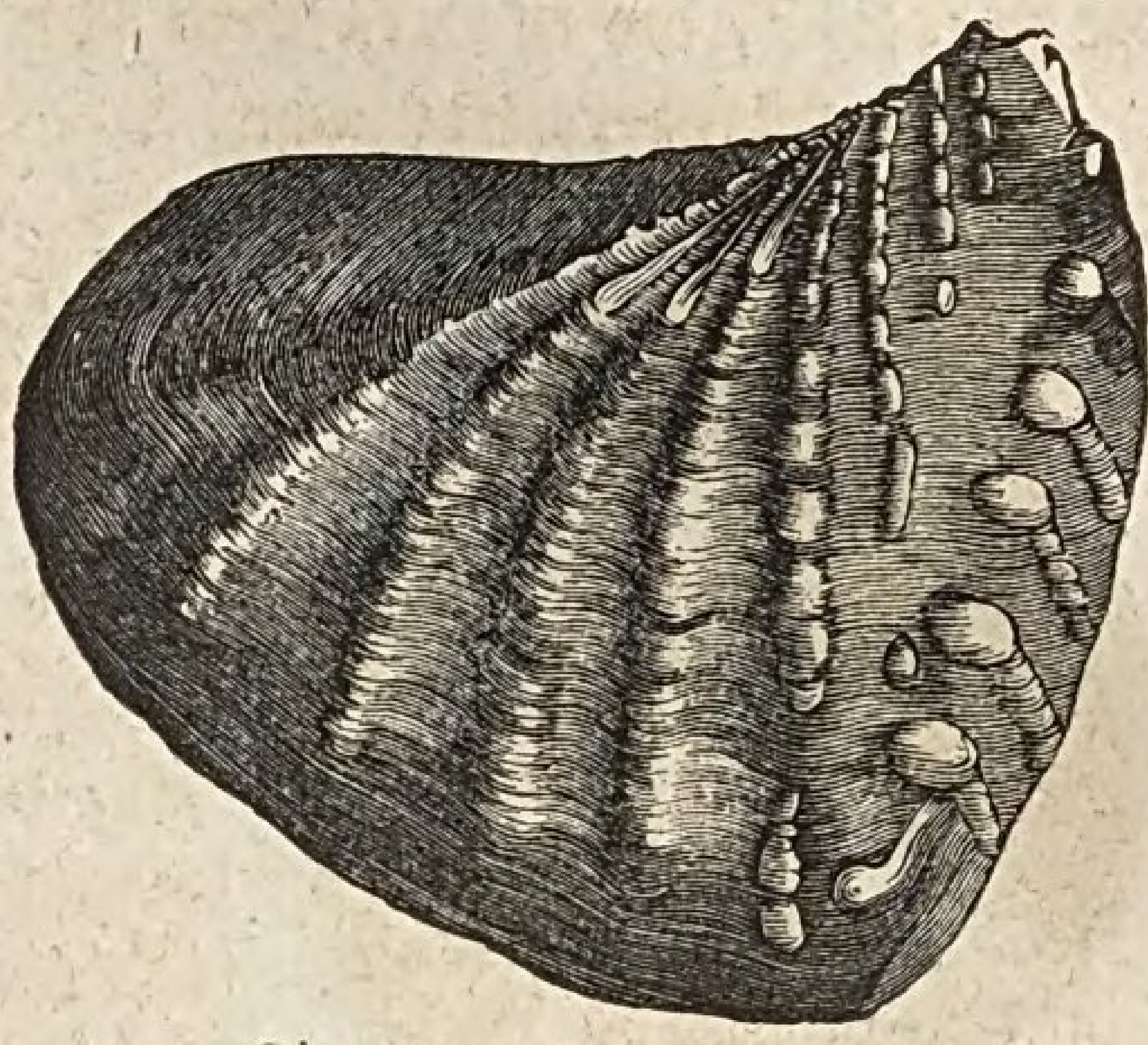


Fig. 212. Trigonia navis.

Perna, Gervillia, Inoceramus sind ziemlich häufig. Unter den zweimuskeligen Conchiferen müssen die Geschlechter Monotis, Avicula, Mytilus, Pinna, Trigonia genannt werden. Die Trigonienschalen sind oft von äußerst netten Verzierungen bedeckt, und kommen in großer Menge vor. Die in Fig. 212 beigefügte Trigonia navis wird $2^1/_2$ Zoll lang und ist eine Leitmuschel für den braunen Jura. Arca-Arten, sehr viele Nuculaceen, Gienmuscheln, Isocardien, Herzmuscheln, Astarten, Venusmuscheln, Corbuleen, Myaciten, namentlich gefaltete Pholadomyen erfüllen ganze Schichten.

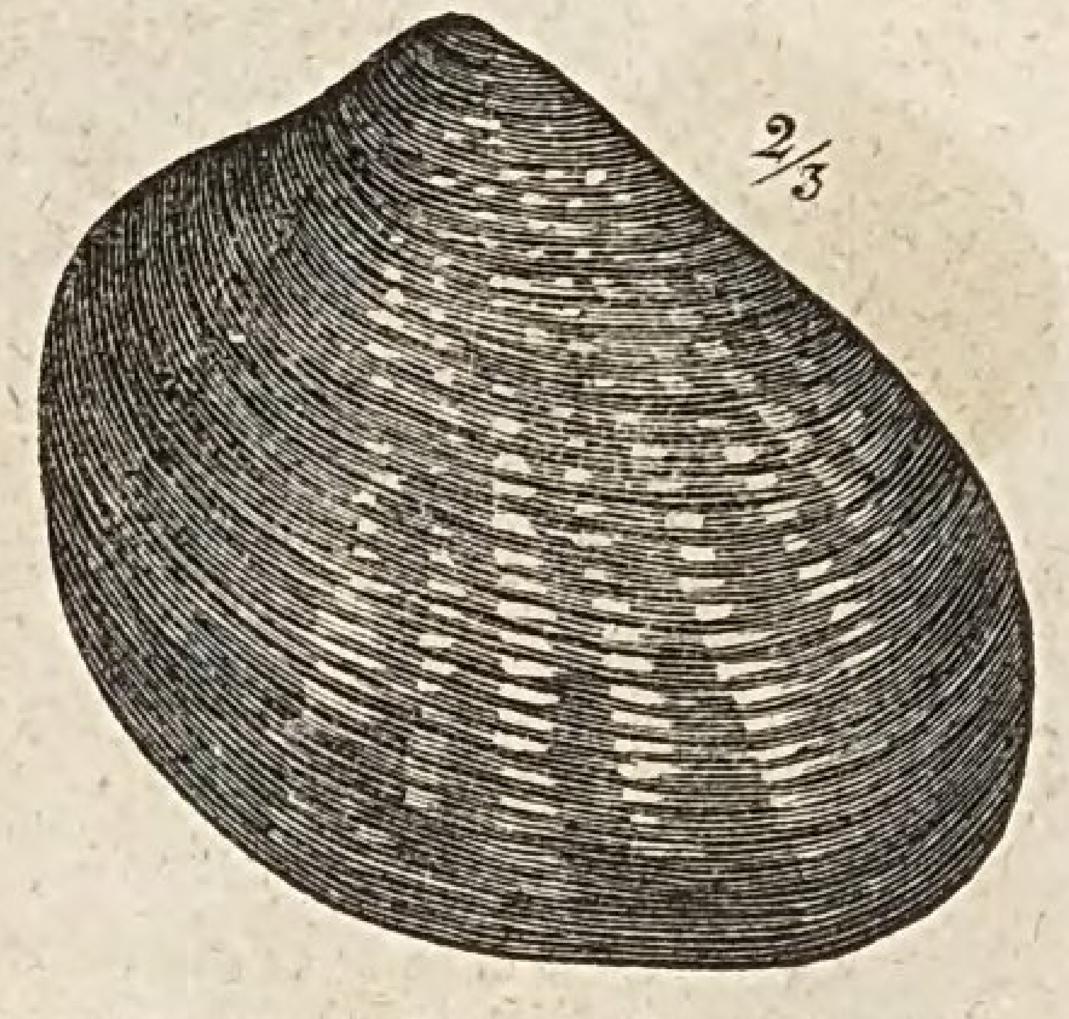


Fig. 213. Pholadomya Murchisoni.

Pholadomya Murchisoni, welche in Fig. 213 dargestellt ist, bildet eine Art der fast nur in der Juraformation vorkommenden Familie der Pholadomyen; sie reicht durch die Kreide in's Tertiärgebirge, wo sie ausstirbt. Glatte Myaciten sind ebenfalls schon im Jura vorhanden.

Die Brachiopoden, namentlich Terebrateln, von welchen mehrere hundert jurassische Arten bekannt sind, spielen eine große Rolle in Abtheilungen der Formation. Spiriferen kommen nur noch in einigen Arten, von denen Spirifer Walkotti und S. verrucosus zu nennen sind.

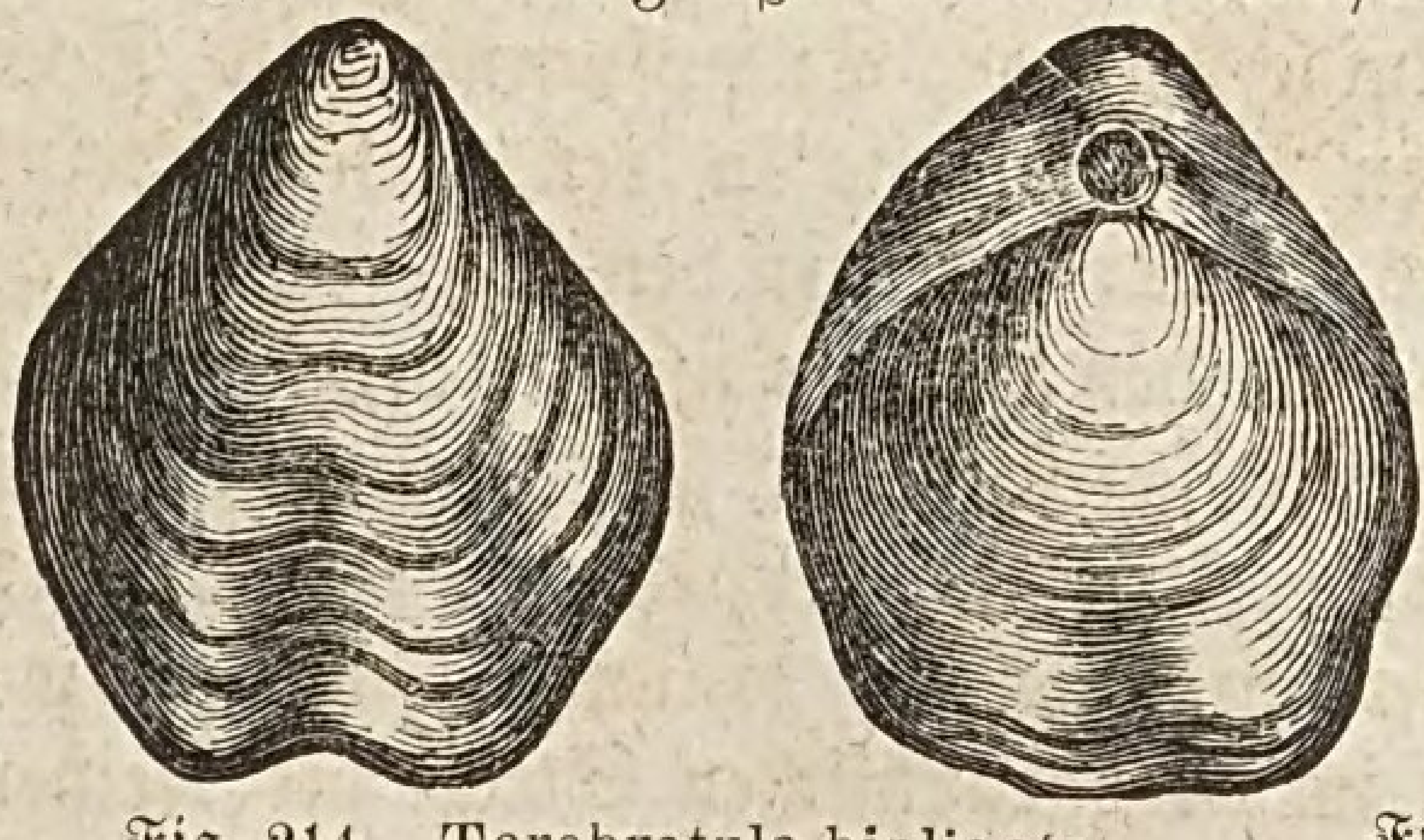


Fig. 214. Terebratula biplicata.

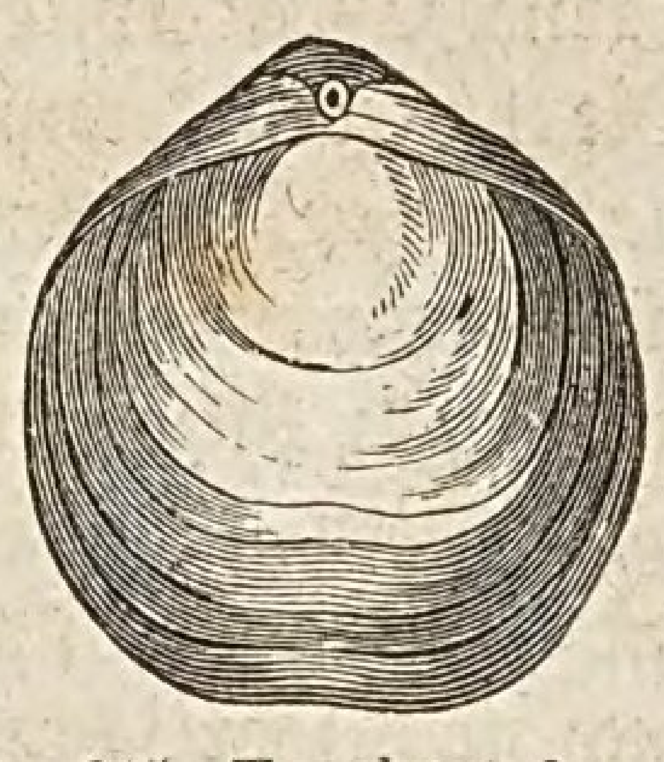


Fig. 215. Terebratula numismalis.

Unter den Terebrateln finden sich viele glattschalige Formen, von denen einige, wie die Terebratula numismalis, Fig. 215, ganz platt und breit erscheinen und an Münzen erinnern. Sie liegen millionenweise im schwarzen Jura. Andere sind dicker mit gewölbten Schalen; wieder andere sind eingebogen. Solche gewölbte und gefaltete sind in Fig. 214 als Terebratula biplicata, die zweifach gefaltete, dargestellt, einmal von der Rückseite mit dem Loch

im Schnabel der Bauchschale, das andere Mal von der Bauchseite, wo die Anwachsstreifen sichtbar werden. Fig. 216 ist die dicke, vielgefaltete Terebratula lacunosa; die Fig. 217, die in der Form sehr veränderliche, starkfaltige Terebratula varians.

Strahlthiere kommen in allen marinen Abtheilungen der Juraformation vor, doch ist der schwarze Jura arm daran im Vergleiche zum braunen und weißen; letzterer ist als eine Korallenbildung vorzugsweise aus den Resten von Korallen und Amorphozoen gebildet, zwischen denen zahllose Haarsterne, Stachelhäuter und Moosthiere vorkommen. Besonders zu bemerken sind die vielen schönen Seeigel Echinus nodulosus, Clypeus patella, Cidaris, Hemicidaris, Disaster u. s. w., die Seesterne, Ophiura und Comatula, die Haarsterne Eugeniacrinus, Rhodocrinus, Pentacrinus, Apiocrinus u. s. w. Die Geschlechter der Moosthiere und anderer Korallen sind sehr zahlreich; besonders aber sind die riffbauenden Amorphozoen der Juraformation: Cnemidium, Tragos, Scyphia u. s. w. zu erwähnen, welche in großen Stöcken neben einander ihre Kalkanhäufungen bildend, die Meeresbrandung von den Küsten abhielten und in dem hinter ihnen liegenden tiefen Atoll den zahlreichen Mollusken und Sauriern einen erwünschten Aufenthaltsort bereiteten.

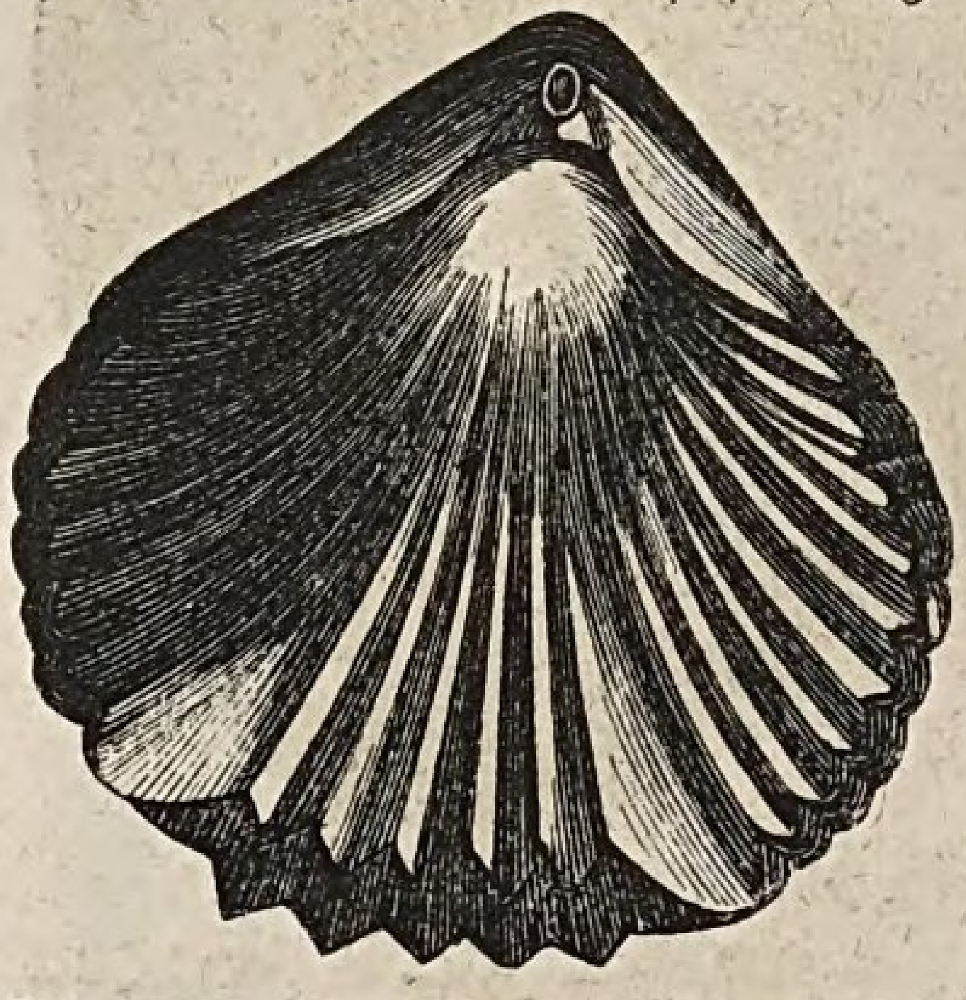


Fig. 216. Terebratula lacunosa.



Fig. 217. Terebratula varians.

Auch Foraminiferen machen sich in den Schichten der Juraformation bemerklich.

b. Pflanzen.

Da die Gesteine der Juraformation Meer- und Landbildungen umfassen, so sind darin Algen des Meeres und des Süßwassers, viele im Sumpfe wachsende Farne, Cycadeen, einige Thuyen, Sumpftannen und Schilfe aufgefunden worden. Die letzteren kommen vorzugsweise in den vielen Steinkohlenflötzen dieser Formation vor, während sie nur selten in den Meeresbildungen als vereinzelte Bruchstücke zerstreut liegen. An den Hölzern und an den Stämmen der Cycadeen erkannte man sogar Pilze und Moose festsitzend. Die Meeresalgen, Caulerpiten, Sargassiten, Chondriten, Sphärococciten sind verzweigte, oft sehr zierlich geschuppte Stämme und Zöpfe; sie bilden im Lias und braunen Jura ganze Schichten, kommen aber auch noch sehr schön im lithographischen Steine des weißen Jura vor.

Die Farne, von welchen über 100 Arten bekannt sind, gehören zum Theil schon den altbekannten Familien Sphenopteris, Neuropteris, Pecopteris u. s. w. an; sie finden sich aber auch in eigenthümlichen Familien, als Lonchopteris, Pachypteris, wovon die Fig. 219 die lanzettblätterige Art P. lanceolata darstellt; Coniopteris, Phlenopteris, von welcher wir in Fig. 218 die große, schöne Phlebopteris Phillipsii aus dem braunen Jura mittheilen; Phyllopteris u. s. w.



Fig. 218. Phlebopteris Phillipsii.

Die Farne nehmen an der Zusammensetzung der Steinkohlen der Juraformation viel Theil, weshalb sie für Sumpffarne gehalten werden. Calamiten sind ganz verschwunden, sie werden ersetzt durch einzelne Equiseten; auch Lycopodiaceen sind selten und klein; die großen Kolbenmoose der Kohlenformation sind hier nicht bekannt, eben so wenig die Sigillarien. An deren Stelle treten die nacktsamigen Dikotyledonen, die Cycadeen. Um eine Vorstellung von dieser Pflanze zu bilden, fügen wir den Holzschnitt Fig. 220 bei, welcher den Stamm der im Wälderthon vorkommenden Cycadoidea megalophylla darstellt. Auf diesem kurzen, mit einem Maschennetze von Blattnarben bedeckten Stamme saßen, wie bei den Sumpfpalmen, oben Fiederblätter in einer Krone. Man theilt die Cycadeen der Jurazeit in mehrere Geschlechter; es sind Otozamiten, Ctenis, Pterophyllen, Nilsonien, Zamiten und Cycaditen. Blattwedel und Früchte finden sich oft in Thon-, Sand- und Kalksteinen zwischen Meeresmuscheln, sogar in den Korallenbildungen. Vielleicht wuchsen solche Pflanzen auf den jurassischen Koralleninseln, wie in unsern Tagen die Kokospalmen auf den Koralleneilanden der Südsee.



Fig. 219. Pachypteris lanceolata.



Fig. 220. Cycadoidea megaphylla.

Coniferen kommen als Stämme (Treibholz), ganze braunkohlenähnliche Lager bildend, und in Ast-, Blatt- und Fruchtresten vor; es sind namentlich Pinus-, Taxus-, Juniperus- (Wachholder), Thuya- (Lebensbaum) Arten. Unter den Monokotyledonen sind einige Gräser und Schilfrohre bemerkenswerth, eigentliche dikotyledonische Pflanzen wurden indessen noch nicht gefunden.

Wir geben eine Zusammenstellung der bis jetzt im Jura aufgefundenen Thiere und Pflanzen.

Thiere:

	im schwarzen	im braunen Jura	im weißen	im Wälderthon
Foraminiferen und Polypen	66 Arten	120 Arten	285 Arten	1 Arten
Seeigel, Seesterne u. Criniten	50 „	126 „	207 „	— „
Brachiopoden	60 „	225 „	268 „	— „
Conchiferen	260 „	350 „	200 „	140 „
Gasteropoden	100 „	160 „	170 „	30 „
Cephalopoden	350 „	440 „	500 „	— „
Würmer	10 „	— „	4 „	2 „
Crustaceen	12 „	14 „	15 „	10 „
Insekten	34 „	— „	20 „	— „
Fische	140 „	30 „	126 „	36 „
Amphibien	40 „	10 „	23 „	24 „
Säugethiere	1 „	— „	— „	— „
	1123 Arten	1475 Arten	1818 Arten	243 Arten

Wenn die allen Abtheilungen gemeinschaftlichen 150 Arten ausgeschieden werden, so bleiben etwa 4500 Arten übrig.

Pflanzen:

Meeresalgen	25 Arten
Pilze	2 „
Laubmoose	1 „
Sumpf-Farne	95 „
Wasser-Farne	6 „
Lycopodien	3 „
Equisetaceen	5 „
Cycadeen	82 „
Coniferen	27 „
Monokotyledonen	9 „
	255 Arten.



Fig. 221. Steinbruch im lithographischen Schiefer bei Solenhofen.

1. Sedimentäre Gesteine der Juraformation.

Wie alle Sedimentformationen, besteht auch diese aus abwechselnden Lagen von Sand, Sandstein, Conglomerat, Mergel, Thon, Schieferthon, Thonschiefer, Kalkstein, Gyps, Salz, Stein= oder Braunkohle u. s. w., wovon an der einen Stelle diese, an der andern jene vorherrschen, was von den Zuständen, unter denen die Bildung sich entwickelte, abhängt. Wir unterscheiden auch hier **Meer=** und **Süßwasser=** oder **Landbildungen**, und wollen mit den ersteren beginnen.

a. Meeresabsätze der Juraformation.

Die Strand=, Atoll=, Korallenriff= und Hochseebildungen machen den wesentlichsten Theil der über Europa, Asien, Afrika und Australien verbreiteten Juraformation aus, während Süßwasser= und Landbildungen, wie in jeder andern Formation und selbst heutigen Tages noch, sehr vereinzelt und von geringer Ausdehnung vorkommen. Nur Nordamerika hat ausgedehnte jurassische Landbildungen, neben

sehr zurückstehenden meerischen Ablagerungen aufzuweisen. Die tiefsten Lager der marinen Juraformation sind entweder, wie im südlichen Frankreich, Conglomerate und Sandsteine, oder, wie in Norddeutschland, Luxemburg und Nordfranken, feinkörnige Sandsteine mit Land- und Strandpflanzen, Sauriern und Fischen, oder, wie in Schwaben, sandige und thonige Kalksteine abwechselnd mit Thon und Sand, oder, wie in England, dunkelfarbige Kalksteine. Ihnen folgen Schichten mit glattrückigen Ammoniten und Gryphaea arcuata, der sogenannte Gryphitenkalk; dann Kalk- und Mergellager mit zahllosen gekielten Ammoniten, Belemniten, Conchiferen, Gasteropoden und Brachiopoden; dunkele Schiefer mit Posidonomyen, Tintenfischen, Cephalopoden u. s. w. mit Meersauriern und Fischen. Eingespülte Landpflanzen finden sich vielfach zwischen Meeresthieren, namentlich sind die unter die Cycadeen gestellten Nilsonien nicht selten. Algen des Meeres bilden ganze Schichten. Die geringe Anzahl von Korallen deutet darauf hin, daß dieser Theil der Formation, welchen man Lias oder schwarzen Jura nennt, näher am Strande zum Theil in ausgedehnten Aestuarien, flachen Meerbusen und Atolls hinter den, die Küste umsäumenden Korallenriffen zum Absatze gekommen ist.

Gyps, Anhydrit und **Steinsalz** finden sich nur in geringer Verbreitung im südlichen Frankreich und in der Schweiz (bei Bex im Kanton Waadt).

Steinkohle kommen als Lager vor in der Nähe von Helmstadt im Braunschweigischen, bei Hildesheim im Hannöverschen, bei Larzak im südlichen Frankreich, in den schweizer und österreichischen Alpen und auf der Insel Bornholm. Mit diesen Kohlen, welche oft bauwürdige Mächtigkeit besitzen, sind oolithische d. h. kleinkugelige Eisenerze, Sphärosiderit und Thoneisensteine verbunden; es wiederholt sich auch hier die allgemeine Verknüpfung der Steinkohlen und Eisensteinbildung. Neben diesen Gebilden und zum Theil über sie hin verbreitet, sogar übergreifend auf andere, ältere Formationen gelagert, findet sich der braune Jura, ausgezeichnet durch einen großen Reichthum von oolithischen, aus kleinen Körnchen wie Schießpulver und Schrot zusammengesetzten Kalksteinen und Eisenerzlagern. In seiner untern Hälfte besteht er in Nordengland, in Sibirien, Rußland, Polen, Norddeutschland, Portugal, Spanien, in Australien und Ostindien vorherrschend aus Sandsteinen, welche oft der Grauwacke sehr ähnlich sehen. In Schwaben und Franken, im Jura und in Südfrankreich gewinnen die Kalksteine auch in der untern Abtheilung des braunen Jura schon eine gewisse Bedeutung; sie wechseln mit Thon und sandigem Mergel, denen, wie auch in den vorher genannten Gegenden, wo am Fuße der Formation Sandsteine vorherrschen, Kalk und Thon, selbst einzelne Korallenbänke folgen.

Mit den Sandsteinen kommen in England (Stonesfield), Frankreich (Mamers im Sarthedepartement), auf Bornholm, in Schonen, in Ostindien, ferner in Australien, in Ungarn (Fünfkirchen), selbst in der Rheinpfalz (bei Landau) und endlich in Nordamerika ausgedehnte und mächtige Steinkohlenablagerungen vor, deren wir weiter unten ausführlicher gedenken. Die überall eingeschichteten oolithischen Eisenerze bilden den Reichthum dieser Formation in Württemberg, Luxemburg, Lothringen, Norddeutschland, Oberschlesien; sie dienen bei ihrer großen

Mächtigkeit überall zur Eisenproduktion. Da sie von Seegeschöpfen wimmeln, so sind sie also rein meerische Niederschläge, wie die ganz ähnlichen Eisenerze der devonischen Schichten von Stromberg am Hunsrück, Plauen und Hof im Voigtlande anzuerkennen.

Gyps und Steinsalz sind im braunen Jura unbekannt, selbst da, wo er, wie in Polen und Schlesien, übergreifend auf ältern Formationen ruht und den fehlenden Lias ersetzt.

Der **weiße Jura** ist vorherrschend aus hellfarbigen, dichten Kalksteinen, denen sich Dolomit, Mergel und Thon, seltener Sandstein zugesellt, gebildet. Die Kalksteine sind entweder ungeschichtete, massige, aus Spongiten und Korallen erbaute Riffsteine, oder sie sind in ruhigen Bassins abgelagerte Plattenkalke wie die lithographischen Schiefer Solenhofens und Pappenheims. Die ersteren bilden im Vereine mit den Dolomiten steile, vielfach zerrissene Felsberge, und gaben bei steil aufgerichteten Schichten dem Juragebirge, der württembergischen Alp, dem Kalkgebirge Oberfrankens, den Kalkalpen Steiermarks und Kärnthens u. s. w. ihre gestaltenreiche Großartigkeit. Da der weiße Jura aber einestheils, wie in Schwaben, im Juragebirge, vorzugsweise aus Korallenriffen, in andern Gegenden aber aus sandigen, thonigen und kalkigen Niederschlägen besteht, so umfaßt er eine große Menge von abweichenden Gesteinen. Er ist auch keineswegs überall hellfarbig, sondern öfters mit der braunen oder schwarzen Juraformation gleich gefärbt; ja er enthält an mehreren Stellen so viel kohlig-bituminöse Theile, daß daraus thonige Kohlenschiefer oder Asphaltgesteine, selbst Steinkohlenlager entstehen. In Norddeutschland und Belgien, Nordfrankreich und England tritt der weiße Jura als eine sehr ungleich entwickelte, sehr verschieden ausgebildete Abtheilung der Formation auf, während er im Süden Europa's längs der Alpen einen ziemlich gleichbleibenden Ausdruck annimmt und sich daselbst als Korallen- und Atollbildung erweist.

Wo die Korallenbildungen der weißen Jura hoch gehoben die Kronen der Berge bilden, treten sie in rauhen, wilden Felspartien zu Tage, die große Aehnlichkeit, mit den durch vulkanische Gewalten über den Meeresspiegel emporgetragenen Korallenfelsen des Archipeles von Pomautou (siehe Band I, Fig. 116) besitzen. Beide Gesteine, welche derselben Veranlassung nur in weit von einander getrennten Zeitepochen ihre Entstehung verdanken, welche beide die Formen zarter Korallenthiere, in Kalk abgegossen, auf die Nachwelt bringen, stellen zackige, zum Theil poröse Felsmassen dar, zwischen denen, so lange sie unter dem Wasserspiegel lagen, noch kalkige Schlammtheile angeordnet waren. Nach der Emporhebung über Meer sind letztere weggespült worden; die Korallenstöcke ragen nunmehr freistehend auf. Diese Uebereinstimmung der Formen solcher Felsmassen, welche in verschiedenen Epochen auf gleiche Weise, wenn auch durch andere Thierarten hervorgebracht wurden, belehrt uns, daß allen derartigen Bildungen von jeher ein und dasselbe Naturgesetz zur Richtschnur diente.

Als sich die europäische Juraformation aus dem Meere niederschlug, bestanden an dem Theile, welchen jetzt Spanien, Frankreich und England einnehmen,

mehrere kleinere, aus krystallinischen Schiefergesteinen, Silur-, Devon- und Kohlenschichten, aus dem permischen und triassischen Systeme gebildete Inseln. In Frankreich, das südwestliche Centralplateau von Limoges, an dessen Südgrenzen Privas und Lion liegen; ferner das bretonische Massiv, welches mit dem Nordwesten von England und mit Irland zusammenhängend eine Insel bildete. Ein großer Theil Deutschlands und Osteuropa's war ein Festland, welches von den Küsten der Nord- und Ostsee bis nach Basel, Stuttgart und mit einer Biegung über Nürnberg und Koburg an der Westgrenze des Böhmerwaldes nach Wien, Ofen und tief nach Ungarn reichte, fast das ganze Südrußland, mit Ausnahme der Krim und des Kaukasus, umfaßte, weit nach Norden sich ausdehnte und durch die jetzigen Grenzen der Ostsee bezeichnet, über Magdeburg, Osnabrück nach Holland verlief. Mezières, Luxemburg, Nancy, Basel liegen am Westrande dieses alten Festlandes, in welches von Wien über Krakau nach Oberschlesien eine breite Bucht sich einsenkte. Auf diesem Festlande bestanden schon an ihren Mündungen in das Meer Sümpfe hervorrufende Ströme und Flüsse. Solche Süßwasserströme vermittelten die Bildung der Steinkohlen führenden Sand- und Thonschichten der schwarzen und braunen Juraformation und des Wälderthones.

Der europäische Süden und Südosten lag bis nach Afrika und Kleinasien hinüber unter Meer und in diesem Südmeere entwickelten sich unfern der Küste jenes Landes ausgedehnte Korallenriffe, während derartige Bildungen im Norden weniger verbreitet und ausgebildet sind. Es ergeben sich aus dieser Beobachtung die Veranlassungen zu der abweichenden Zusammensetzung und der Abweichung in der Fauna der nord- und südeuropäischen Juragebilde von selbst. Wir erkennen den Lias und braunen Jura des Südens zum Theil als Niederschlag in einem durch vorliegende Korallenbänke des weißen Jura geschützten Atoll, als Absatz und Niederschlag in ruhigen Buchten, während die norddeutschen Schichten durch den vom Festlande zugeführten Sand und Schlamm kieselreicher und kalkärmer wurden und weniger Korallen enthalten. An manchen Stellen in Polen und Rußland ist der Lias nicht entwickelt; an andern, wie in den Alpen und im Kaukasus, herrschen Kalksteine in allen Abtheilungen und damit finden sich andere Thierreste verbunden, wo Atoll, wo Strand, wo Korallenriff oder wo Flußmündungen und flaches, sandiges Ufer waren. Der schiefrige, in dünnen Platten spaltende Jurakalk, in welchem der auf unserm Anfangsbilde Seite 133 dargestellte Steinbruch bei Solenhofen angelegt ist, dient der Lithographie als unentbehrliches Material.

b. Süßwasser- und Landbildungen der Juraformation.

Sowol die Wälderformation (Wealden Clay) als auch die Schichten, welche die Steinkohlen der schwarzen und braunen Jura begleiten, sind durch Süßwasserschnecken, Landpflanzen und Landthiere, als Land- und Süßwasserbildungen bezeichnet. Wir kennen solche Gesteine, Kalk mit Meer- und Süßwasserschnecken, Sandstein und Thon von 600 bis 1200 Fuß Mächtigkeit weit verbreitet in England, in Nord- und Südfrankreich, in Norddeutschland, an der Weser und am Teutoburger Walde, in Oesterreich, in Ostindien, Australien und in Nordamerika.

Außer Kalkstein und guten Bausteinen kommen noch Eisenerz= und öfters sehr mächtig entwickelte Steinkohlenlager darin vor, welche den der Kohlenformation sehr ähnlich und mehrfach mit denselben verwechselt worden sind. Die in ihnen enthaltenen Thier= und Pflanzenreste, sowie die unter ihnen vorkommenden Belemnitenschichten bezeichnen sie jedoch als eine nicht paläozoische Kohlenformation. Ihr Vorkommen liefert zugleich den Beweis, daß sich zu jeder Zeit auf der Erdoberfläche Pflanzen zu Steinkohlenansammlungen vereinigen können; daß zu jeder Zeit neben einer mächtig entwickelten Flora auch eine reiche Thierwelt bestehen muß; daß die alles Gleichgewicht der Massen umstoßende Voraussetzung, während der paläozoischen Steinkohlenzeit habe die kohlenstoffreiche Atmosphäre erst durch Pflanzen gereinigt und für das Thierleben zubereitet werden müssen, in das Bereich der Mythen gehört.

2. Eruptive Gesteine der Juraformation.

In dem weitausgedehnten Terrain der Juraformation treten verhältnißmäßig an sehr wenigen Punkten vulkanische Gesteine auf. Allerdings sind Basalte darin nicht selten, sie fallen aber sämmtlich in eine spätere Zeit; eigentliche Lavaströme und Tuffgesteine zwischen den Schichten der Juraformation sind noch nicht aufgefunden, woraus sich ergiebt, daß sich damals die vulkanische Thätigkeit des Erdballs auf andere als europäische, noch wenig geologisch untersuchte Gegenden erstreckte. In der Nähe von Davos in Bündten und an der kleinen Windgille in Uri sind Felsitporphyre mit dem Jurakalksteine gangartig verflochten, diese Gesteine würden also als zur Zeit der Juraformation entstandene Trachyt= oder Obsidianlaven anzusehen sein, während der Hypersthenfels der Insel Sky das einzige Vorkommen von Pyroxenlava in Europa ist, welches mit Sicherheit der Juraformation angehört. Auf dieser großbritannischen Insel bedecken Lavaströme von Hypersthenfels den Granit, zugleich aber auch die Schichten der schwarzen Juraformation (Lias); sie müssen sohin jünger als letztere sein. Manche Serpentingesteine der Alpen und Oberitaliens möchten ebenfalls in die Juraformation gehören, doch sind deren Verhältnisse noch nicht hinreichend erforscht.

3. Metamorphosirte Gesteine der Juraformation.

Am Neuffen=Passe im Oberwallis wurden schon vor mehreren Jahrzehnten mitten im granatreichen Glimmerschiefer deutliche Juraversteinerungen (Belemniten) aufgefunden. Syenit und Granit sind bei Predazzo in Tyrol mit dem Alpenkalke dergestalt verwickelt, Gneus geht so vielfältig in den ihn begrenzenden, Versteinerung führenden Alpenkalkstein über, der geschichtete Kalkstein der Alpen enthält so oft die schönsten Krystalle von Feldspath, Granat, Epidot, Magneteisen, Glimmer, Pyroxen, daß die Umwandlung desselben in krystallinische Gesteine nicht mehr bestritten werden kann.

Die Aufsteigung der Gebirgsschichten zu alpinischen Formen erklärt sich, nachdem Daubrée die Raumvergrößerung feststellte, welche amorphe Körper bei ihrem Uebergange in den krystallinischen Zustand erfahren, ganz einfach; wir

bedürfen dazu nicht mehr der Hypothese, welche Goethe im vierten Akte des zweiten Theiles seines Faust dem Mephisto mit so viel Humor in den Mund legt:

„Das gab ein Gas! das ging in's Ungeheure,
So daß gar bald der Länder flache Kruste,
So dick sie war, zerkrachend bersten mußte."

Außer den der Juraformation zuzuzählenden Glimmerschiefern, Gneusen, Syeniten und Graniten bleibt aber auch noch der Marmor- und Dolomitbildungen zu gedenken, die sowol in den Alpen als anderwärts vorkommen und nichts anderes als krystallinisch gewordene Kalksteine oder durch Stoffwechsel aus Kalk entstandene Gesteine sind, in denen die ursprünglichen Thierreste noch erhalten blieben. Beachtenswerth ist es, daß in manchen Kalken und Dolomiten die Versteinerungen von später zugeführter Kieselerde (Kalzedon, Quarz) erfüllt sind.

Auch die oolithischen Eisensteinlager der Juraformation sind metamorphosirte Bildungen; sie entstanden aus oolithischen Kalksteinen, über welche eine Eisenlösung floß. Diese nahm Kalk auf und ließ Eisenoxyd zurück, wobei sich die anfangs runden Kalkkügelchen abplatten mußten, weil nach chemischem Gesetze mehr Kalk in Lösung ging, als Eisenoxyd niedergeschlagen werden konnte.

4. Lager nutzbarer Mineralien, Erze und Kohlen in der Juraformation.

Außer dem Steinsalz von Bex in der Schweiz sind in europäischen Juragesteinen keine Salzablagerungen bekannt, wenn nicht bei sorgfältiger Prüfung noch einige andere alpinische Vorkommen hierher gerechnet werden müssen. Auch Gyps ist selten. Dagegen scheinen lithographische Schiefer außer in Bayern auch in der Schweiz und in Frankreich vorzukommen; die ersteren sind die berühmtesten. Erzlager, namentlich silberhaltiger Bleiglanz und Zinkblende sind nur bei Bleiberg in Kärnthen, Nasserit in Tyrol, Argentiera in der Lombardei und einigen andern Punkten der Alpen bauwürdig bekannt, während auch anderwärts Galmei, Zinkblende, Schwefelkies dem Kalk der Formation eingesprengt sind. Der Eisenerze ist oben schon mehrfach erwähnt. Es sind:

1. Lager von Sphärosiderit oder Brauneisenstein ganz ähnlich denjenigen, welche in allen Sedimentformationen vorkommen;

2. sich mehrmals wiederholende Lager von rothen und braunen Oolitherzen, deren Gesammtstärke zuweilen, wie an der Weser, im Luxemburgischen, in Lothringen, in Schwaben, in Oberschlesien u. s. w., 20 bis 30 Fuß erreicht, und welche ein zwar nicht sehr reiches aber gewöhnlich leicht schmelzendes Eisen liefern.

Die Steinkohlenlager, welche die Wealdenformation bei Obernkirchen und Minden an der Weser führt, sind zwar nur 1 bis 3 Fuß mächtig, aber auf eine weite Fläche ausgedehnt und von großer Güte, so daß sie einen sehr einträglichen Bergbau erlauben. Man kann sie zum Unterschiede von der paläozoischen Steinkohle, der Jagenarien- und Calamitenkohle, die Cycadeenkohle nennen. Der im Lias vorkommenden Steinkohlen von Helmstadt, Hildesheim, Larzac u. s. w. ist schon oben gedacht. Besondere Erwähnung verdienen noch die mächtigen Cycadeenkohlenflötze von Fünfkirchen, welche seit einigen Jahren ausgebeutet werden.

Es liegen daselbst 25—30 Flötze von 4 bis 20 Fuß Stärke über einander, ebenso zwischen die Schichten der Juraformation eingelagert, wie die 6 Steinkohlenlager vom Kap Mondego in Portugal, welche zusammen 10 Fuß dick sind, und die bauwürdigen Steinkohlen von Lilienfeld und Grossau in den nordöstlichen Alpen Oesterreichs. In Rußland und Sibirien kommen sehr weit verbreitete 1 bis 2 Fuß mächtige Cycadeenkohlenlager in der mittlern Abtheilung der Juraformation vor, im Gouvernement Simbirsk, bei Syram und Gorditsche, nicht minder bei Jakuzk.

Die in der Nähe von Kalkutta, bei Burdwan und bei Kutsch vorkommenden Cycadeenkohlen haben ganz ähnliche Eigenschaften wie gute Backkohlen der Carbonformation; sie liegen mit Eisenerzen gemeinschaftlich in Thon- und Sandstein eingebettet und bilden 8 über einander stehende Flötze von zusammen 30 bis 36 Fuß Dicke. Sowol auf ihnen, wie auf den in Vandiemensland und Neusüdwales häufig vorkommenden Steinkohlen der Juraformation wird ein starker Bergbau geführt. Nach den sorgfältigsten Untersuchungen, welche Forbes, Royle, Hislop, Hunter, Morris, Lyell, Bunbury, Hall, Rogers und Andere unternommen haben, gehören diese Steinkohlen sowie der größte Theil des nordamerikanischen Steinkohlenbassins, namentlich das Apallachische und Richmonder Kohlenfeld, deren Ausdehnung mehr als 4000 deutsche Geviertmeilen beträgt, nicht zur Kohlenformation, sondern fallen, da sie Calamites arundinaceus des Keupers, Pecopteris Whitbyensis und Zamiten des Lias und braunen Jura enthalten, in die Trias- und Juraformation. Diese mesozoische Gesteinsformation hat sohin für Amerika, Australien und Ostindien ganz dieselbe Bedeutung wie für Europa die paläozoische Steinkohlenformation.



Fig. 222. Pierre Pertuis (Neuenburger Jura).



Fig. 223. Kreidefelsen auf der Insel Rügen (die Stubbenkammer).

C. Kreideformation.

Je mehr wir uns, aus den Tiefen der Urbildungen heraufsteigend, der Jetztzeit nähern, desto auffallender wird die Aehnlichkeit der Thier- und Pflanzengestalten mit den jetzt existirenden. In der Kreideformation, welche sich durch die Manchfaltigkeit ihrer Gesteine mit jeder der vorherrschenden Formationen vergleichen läßt, kommen viele noch an die der früheren Perioden erinnernde Thierformen vor; manche erreichen darin ihr Ende, neue Familien treten hinzu, deren einige sogar bis auf unsere Tage heraufreichen.

a. Thiere.

Säugethierreste wurden in der Kreide noch nicht aufgefunden, was aber kein Grund zu der Annahme, daß solche Thiere damals die Erde nicht bewohnten, sein kann, da wir unzweifelhafte Spuren schon in ältern Gesteinen kennen lernten.

Auch von **Vögeln** sind nur einige Reste bekannt geworden. Die **Reptilien**, als Wasserbewohner, haben uns dagegen auch in dieser Formation häufigere Spuren zurückgelassen; bis jetzt liegen aber auch nur einige Wasserschildkröten, 7 bis 8 Arten der zu den Schuppenechsen gehörenden Mosasaurier, einige Iguanodonten und Flugsaurier vor. Die Iguanodonten kennen wir schon aus der Juraformation; der Kreide eigenthümlich sind die Mosasaurier, 20 bis 25 Fuß lange, mit Schuppen bedeckte Krokodile (Lacerten), deren Skelettbau sehr an den

der Delphine erinnert. Sie haben viele flachgedrückte, feingekerbte Zähne in ihrem großen Rachen. Ihre Wirbelsäule besteht aus 133 Knochen, von denen 97 dem Ruderschwanze angehören. Diese Thiere hatten Füße, sowol zum Schwimmen als auch zum Gehen tauglich; ihre Rückenwirbel waren nach hinten convex, nach vorn concav, wodurch der Leib eine große Biegsamkeit erlangte. Ichthyosaurier und Plesiosaurier sucht man in der Kreide vergeblich, dagegen sind zweifelhafte Spuren von Pterodactylen (Flugsauriern) darin beobachtet worden. Die für deren Knochen gehaltenen Röhren gehören vielleicht Vögeln an.

Auch von **Fischen** sind nur wenige Geschlechter bekannt; vorzugsweise wurden einzelne Zähne und Schuppen nachgewiesen. Unter den Haiarten sind bemerkenswerth: Corax mit sägerandigen, breiten Zähnen; Odotus mit glattkantigen, an der Basis geohrten Zähnen; Odontaspis, deren Zähne gebogen und spitz mit 2 bis 3 Nebenspitzen; Oxyrhina mit solchen Zähnen ohne Nebenspitzen. Ferner eine zwischen Hai und Rochen stehende, Krebse und Muscheln zermalmende, kolossale Fischart, der Ptychodus, dessen quadratische Zähne $1^1/_2$ Zoll lang und breit und 3 Zoll hoch, wie ein Pflaster im Rachen angeordnet saßen.

Von Ganoidfischen ist die Familie Macropoma zu erwähnen, wovon ganze Thiere gefunden wurden. Die Kiefer dieses Fisches waren mit kleinen Hechelzähnen bewaffnet; sein Leib mit nicht aneinander schließenden Schuppen besetzt, die in der Mitte eine dicke Warze tragen. Der Körper hatte die Gestalt eines Karpfen, aber zwei Rückenflossen, deren Strahlen durch feine Zähne ausgezeichnet sind; die Schwanzflosse ist fächerförmig. Sehr oft findet sich unter den Schuppen noch das Skelett, die gut erhaltenen Eingeweide und der Inhalt des Darmes, als sogenannte Caprolithen. Der Darminhalt stellt aufgerollte Blättchen, einem Tannenzapfen ähnlich, vor und beweist, daß der Darm dieses Thieres dem der Haifische glich.

Von Knochenfischen sind Osmeroïdes und der Barsch, Beryx, zu erwähnen. Während ersterer an die Stinte oder Lachse nordischer Meere erinnert, stimmt letzterer fast mit den noch in den tropischen Meeren Australiens lebenden Beryxarten überein.

Unter den **Gliederthieren** zeichnen sich die Krebse aus, während von geflügelten Insekten nur spärliche Spuren in den Holzwurmgängen der versteinerten Hölzer aufgefunden worden sind. Langschwänzige, den Flußkrebsen ähnliche Astartusarten kommen aus der Juraformation herüber; sie haben kurzfingerige Scheeren. Kurzschwänzige Krabben, den Einsiedlerkrebsen ähnlich, mit weichem Hinterleibe und Schwanze, zu deren Schutz sie ein Schneckenhaus aufsuchten und benutzten, sind mit dem Familiennamen Callianassa bezeichnet worden.

Die Büschelfüßer, welche schon in der Silurformation auftreten, sind in großer Menge auch in der Kreide vorhanden; es sind die kleinen zweischaligen Cytherinen. Unter den Rankenfüßern zeichnen sich die schon im Jura beginnenden, mit mehrklappigen Schalen bedeckten Pollicipesarten aus, welche sich an die Balanen oder Meereicheln der känozoischen Formation anreihen. Wahrscheinlich gehören die Aptychusarten ebenfalls hierher.

Die meerbewohnenden **Weichthiere** nehmen in der Kreide eine eben so große Aufmerksamkeit in Anspruch, wie in den übrigen Sedimenten; es sind davon etwa 3500 Arten bekannt. Die Cephalopodengeschlechter Belemnites und Ammonites gehen in dieser Formation vollständig aus. Ammoniten treten in der untern Kreide noch in sehr zahlreichen Formen, aber nur in wenigen Gattungen auf. Es sind die in unserm Verzeichnisse bei der Juraformation (Seite 126) aufgeführten Gattungen der Ornaten mit perlschnurartigen Rippen und mit Knoten besetzten Kielen, als Ammonites monile und Lyelli; der Dentaten, als: A. dentatus, canteriatus, asper, Deluci und andere, welche schon in den Juragesteinen vorkommen, und die der Kreide ausschließlich zugehörenden Arten: Cristaten, Rothomagensen und Ligaten. Die Cristaten haben eine stark zusammengedrückte Schale und sehr hervorstehenden Kiel; die Rippen sind meistentheils mit Knoten bedeckt und verlaufen sichelförmig wie bei den Falciferen (Sichelträgern). Der Rückenlobus ist länger als der Seitenlobus. Es giebt viele Arten, unter denen Ammonites varicosus, cristatus, varians zu nennen sind.

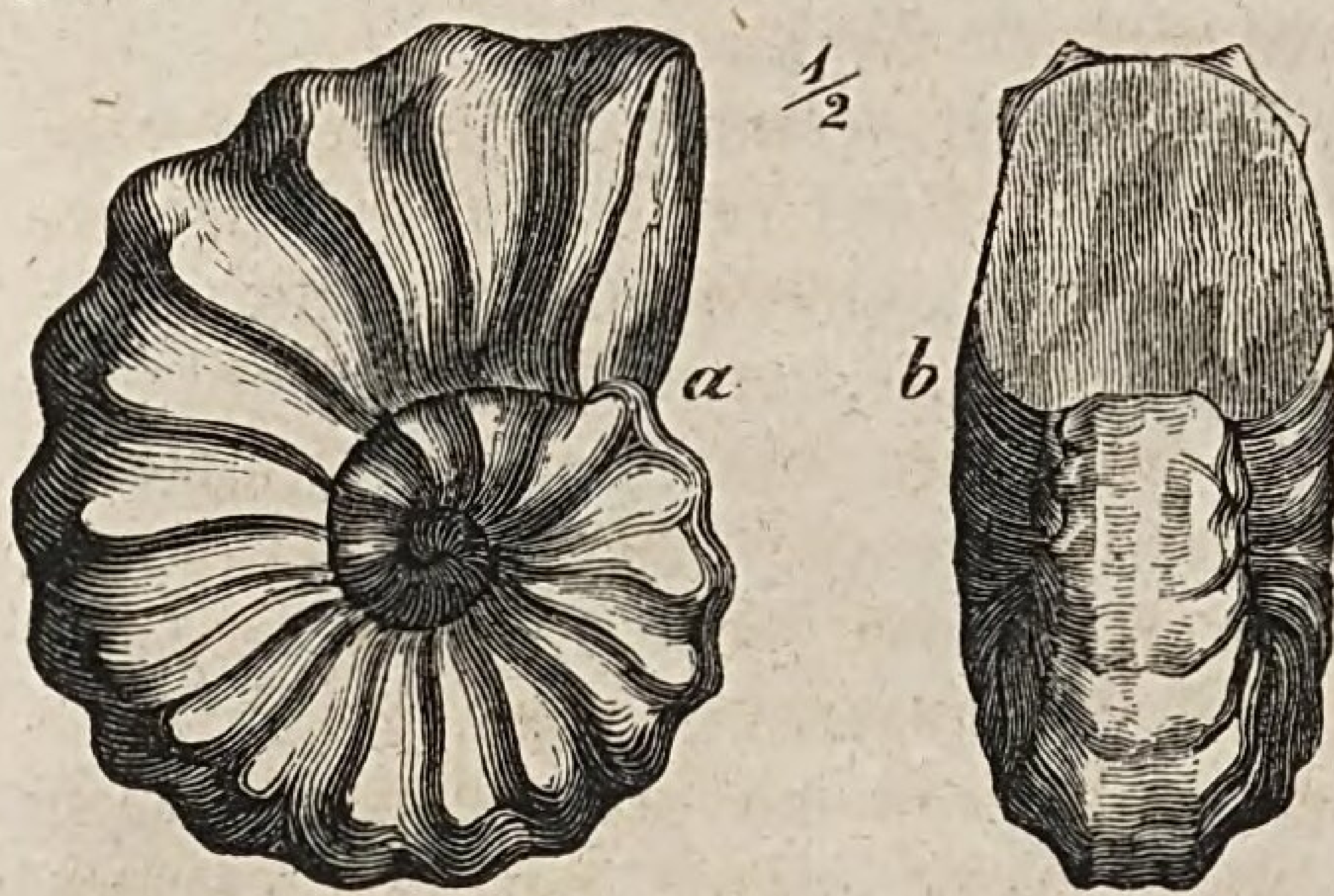
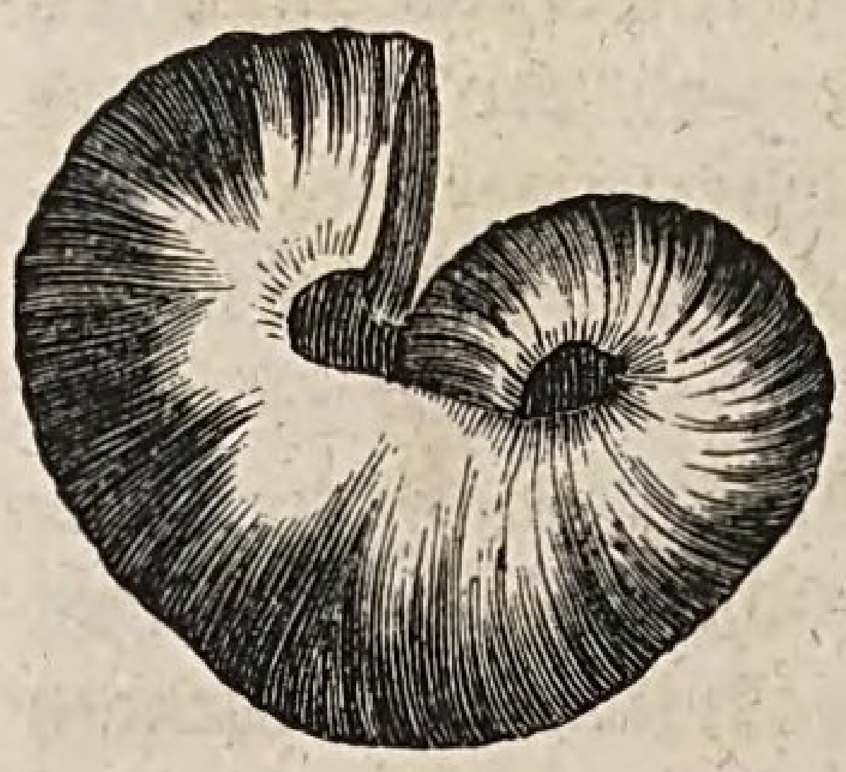


Fig. 224. Ammonites Rothomagensis.

Die Rothomagensen haben auf den Rippen mehrere Knotenreifen, welche eine abgerundet viereckige Mundöffnung veranlassen. Fig. 224 a bildet den Ammonites Rothomagensis, die Hauptform dieser Familie, von der Seite, vom Rücken her gesehen b mit der offenen Mündung ab.

Es giebt sehr viele und zum Theil große Arten; so wird der A. Lewesinensis 4 Fuß hoch, viele andere über 2 Fuß.


Fig. 225. Scaphites aequalis.

Die Ligaten schließen sich den Heterophyllen der Juraformation an, sie haben aber eine weniger zahlreiche Lobenreihe; die Blattform der Loben ist etwas weniger hervortretend. Manche sind stark eingewickelt, wie die kugelförmigen Ammonites ptychoicus und Beudanti; andere weniger, wodurch sie platter werden, wie A. Cassida, planulatus u. s. w.

Während im Jura 15 Ammonitengeschlechter aufgefunden wurden, kommen in der Kreide nur 5 vor, von denen zwei beiden Formationen gemeinschaftlich sind. Sie gehen in den untern Schichten der Kreideformation gänzlich aus.

Wie im Anfange des Zeitraumes, in welchem die Gehäuse bewohnenden Cephalopoden herrschen, neben den aufgerollten auch gestreckte und weniger dicht gewundene Formen auftreten, so auch am Ende desselben. Wir unterscheiden:

Scaphiten oder Schiffchen, bei denen die Schale in der Jugend sich aufrollt, nach weniger Zeit jedoch sich ausstreckt, ohne den Eindruck auf der Bauchseite zu verlieren, gradfort wächst und dadurch eine Schiffform annimmt, wie Fig. 225 Scaphites aequalis.



Fig. 226. Hamites attenuatus.

Manche Scaphiten sind nur kranke Ammoniten, bei welchen durch irgend eine äußere Verletzung Verkümmerungen der Schale hervorgingen.

Hamiten oder Haken sind solche Ammoneen, bei denen sich kein Theil der Schale auf den andern stützt, deren Bauchseite also glatt und gerundet erscheint.

Man theilte die Hamiten in mehrere Abtheilungen und bezeichnete als Ciroceras (Widderhörner) solche, welche sich wie ein Widderhorn aufwinden, ohne sich zu berühren, so daß man zwischen den Windungen hindurch sehen kann; Ancyloceras (Krummhorn) solche, bei denen die ersten Anfänge wie ein Ciroceras verlaufen, worauf sich die Wohnkammer gerad streckt und endlich hufeisenförmig umbiegt; Trochoceras (Bogenhorn) solche, welche einen elliptischen Bogen bilden; Hamites (Haken) solche, bei denen die Kammern wie bei Fig. 226 einen Haken darstellen, und endlich Ptychoceras (gefaltetes Horn) solche, bedienen die beiden Schenkel des Hakens dicht aneinander schließen. Die Schalen der Hamiten sind so wie die der Ammoniten mit Perlen, Stacheln, Leisten und Rippen zierlich besetzt, wornach eine große Anzahl von Arten unterschieden werden kann.

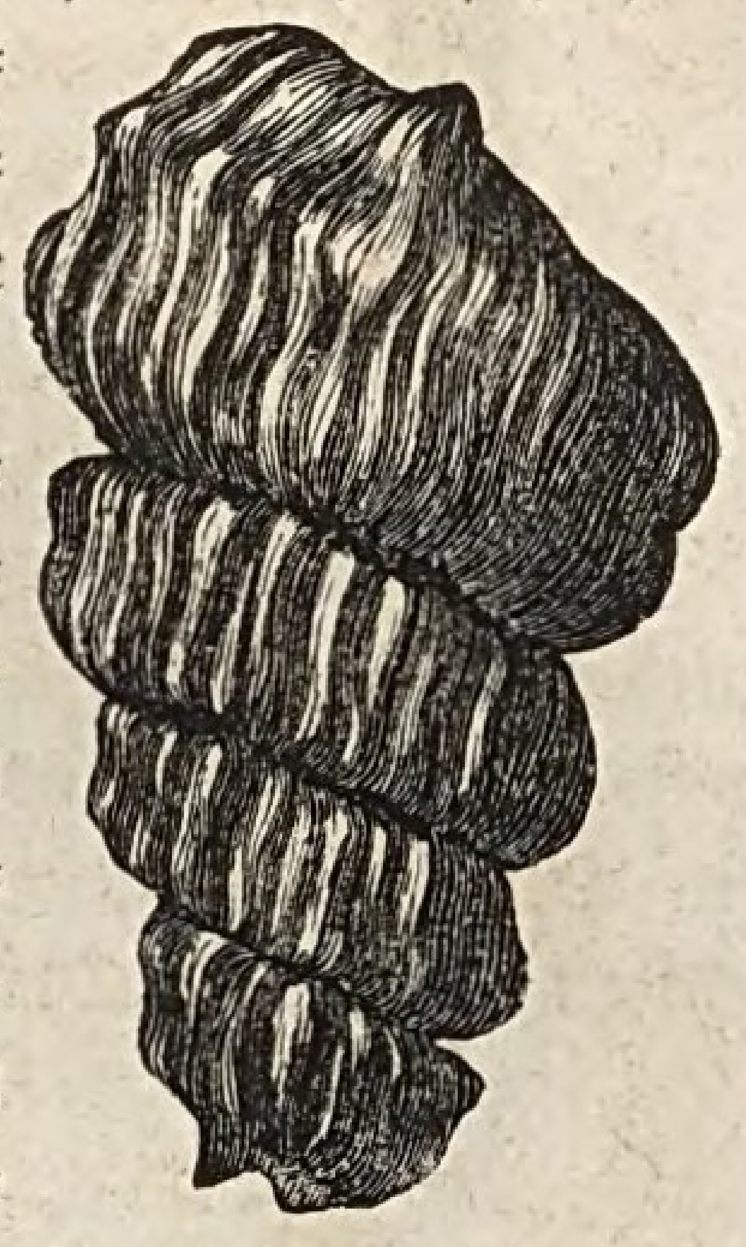


Fig. 227. Turrilites costatus.

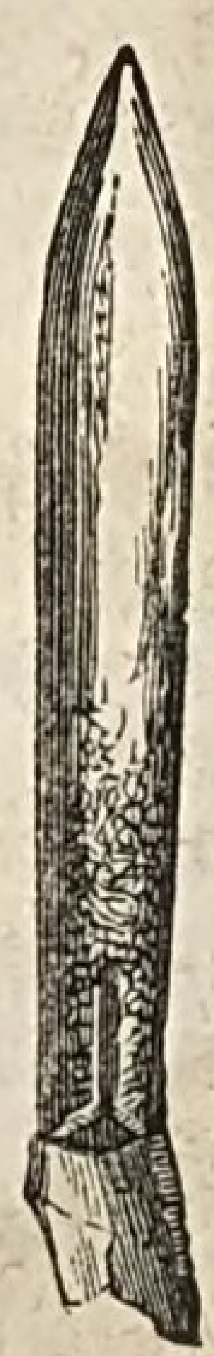
Baculiten (Stöcke) sind Ammoneen mit gefalteten Loben, welche wie die Orthoceratiten gradlinig entwickelt erscheinen. Sie gleichen den Orthoceratiten, unterscheiden sich aber von ihnen durch die an ihrem Rücken sichtbare Spaltung der Loben und deren stark ausgezackte Form. Auch ihre Schale trägt oft Stacheln und Leisten wie die der Ammoniten.

Turriliten (Thürme) haben ein in einer aufsteigenden, links gewundenen Spirale aufgewickeltes Gehäuse, welches ebenfalls mehr oder weniger reich verziert ist. Bei ihnen sind die Loben gleichfalls stark gefaltet. Ein Beispiel dieser Form stellt Fig. 227 Turrilites costatus dar. Es sind ungefähr 10 Turriliten-, 12 Baculiten-, 2 Ptychoceras-, 7 Hamiten-, 3 Toxoceras-, 4 Ancyloceras-, 6 Ciroceras- und 5 Scaphitenarten bekannt, welche sämmtlich der Kreideformation angehören.

Auch Nautilusarten kommen in der Kreide vor; es sind solche, welche man für die Urbilder der lebenden Nautileen halten kann, als Nautilus simplex, squamosus, undulatus, radiatus u. s. w.

Die Belemniten gehören theils zu den auch im Jura schon vorkommenden, mit einem Kanal an der Spitze versehenen Canaliculaten, wie Belemnites subquadratus und minus, oder sie gehören den Mucronaten (den Zugespitzten) an, welche an ihrem untern Ende eine, allerdings durch Verwitterung meist

abgebrochene feine Spitze hatten. Die Fig. 228 stellt den häufigsten Belemniten der Kreide dar, welcher sich durch seine gelbe Farbe schön aus dem weißen Kalkgesteine hervorhebt. Manche andere Arten sind kürzer und dicker, wie aufgeblasen, und bilden den allmäligen Uebergang zu den Belopteren der Tertiärformation. — Die eigentlichen Belemniten sterben in der Kreideformation aus.


Fig. 228. Belemnites mucronatus.

Nackte Tintenfische sind auch in der Kreide vorgefunden worden.

An Gasteropoden ist kein Mangel. Lange, spitzgehäusige Nerineen und Turritellen, welche wir schon im Jura in großer Anzahl kennen lernten, stellen sich in unglaublicher Menge ein. Cerithien, Fusus, Voluta, Pyrula, Avellana, Solarium erinnern durch ihre Form schon sehr an das Tertiärgestein. Pleurotomarien, Pterodonten, Natica-Arten, Dentalien und Rostellarien verbinden sich mit denen aus den ältesten Gesteinschichten heraufreichenden zu einer ununterbrochenen Kette.

Conchiferen sind sehr häufig und in zahlreichen Arten vertreten. Einmuskelige, als Austern, Exogyren u. s. w., nehmen an Anzahl sehr zu; die Ostrea larva, eine lange, schmale, zickzack gefaltete Form ist besonders auffallend. Die Exogyra columba, welche Fig. 229 von unten und oben darstellt, erinnert an Gryphaea; sie hat jedoch eine breitere Bauchschale a mit einem oft auswärts gebogenen Schnabel b und eine etwas gewölbtere Rückenschale, welche wie ein Deckel aufliegt. Man kennt mehrere Exogyrenarten, welche wie die Gryphiten der Lias, dicht zusammengedrängt, ganze Bänke bilden. Spondylus, Pecten, Janira, Linia, Inoceramus, Trigonia, Cardium, Nucula, Arca, Pholadomya, Perna, Pinna, Plicatula und Corbis sind in reichster Mannichfaltigkeit ausgebildet da.

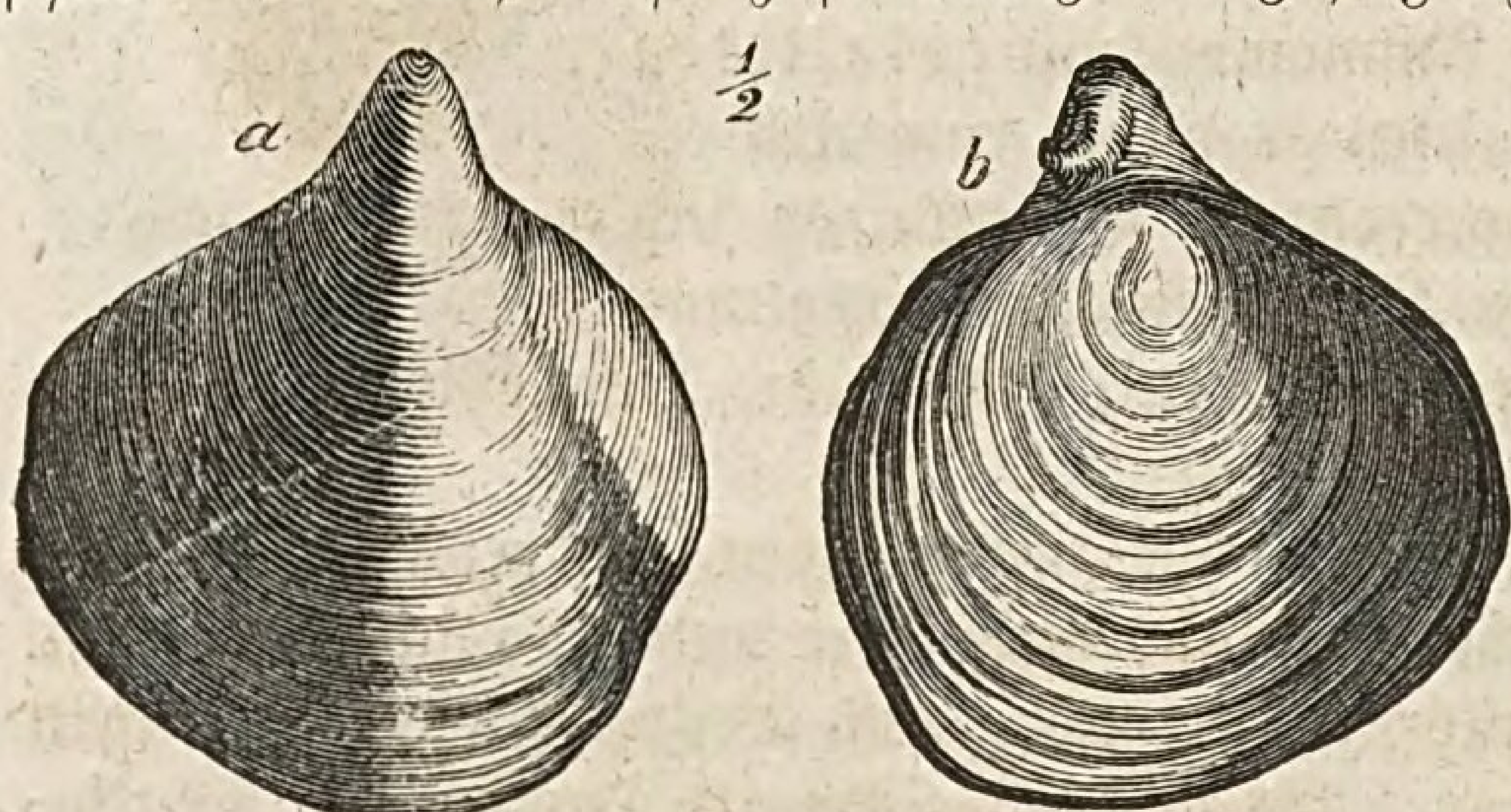


Fig. 229. Exogyra columba.

Ein eigenthümliches Geschlecht der Kreideformation, dessen Stellung im zoologischen Systeme noch zweifelhaft ist, sind die Rudisten, welche von Kleinasien und Afrika her durch Griechenland und Italien am Südgehänge der Alpen in der Nähe von Corbières in Frankreich und in Spanien dicht neben einander stehend ganze Gesteinschichten, den Rudistenkalk, mit ihren Gehäusen erfüllen, während solche nördlich der Alpen noch nicht in der Kreide gefunden wurden.

Lange, mit der nach unten gekehrten Spitze an den Boden festgewachsene, kegelförmige Gehäuse, wie Fig. 230, stehen dicht an einander; zuweilen sitzen sogar an dem älteren rundum jüngere, kleinere fest. Die obere Fläche dieser Bauch-

klappe trägt eine radial gefaltete, flache Vertiefung, worin der Körper des Thieres lag. Ihr Rand, in Fig. 230 a abgebrochen, ist etwas ausgebogen und läuft wie der Rand einer Schüssel an, so daß über der Vertiefung eine ganz flache, kegelförmige Rückenklappe Platz findet. Diese obere Klappe ist durch viele in einem einzigen Kanale zusammenlaufende, sich nach außen verästelnde und oft in kurzen Röhrchen endigende Kanälchen durchbohrt, so daß durch dieselbe Wasser und Nahrung zu dem Thiere treten konnte, ohne daß sie gehoben zu werden brauchte. — Bei andern Rudisten, wie bei Caprina, ist die obere Klappe wie ein Horn gebogen, alsdann befinden sich jene Kanälchen auf der beide Klappen trennenden Fläche vertieft. d'Orbigny hat die Rudisten in mehrere Geschlechter zerfällt; er zählt 88 Species, nämlich: Hippuriten 12, Radiolithen 41, Biradiolithen 5, Caprotina 24, Caprina 4, Ichthyosarkolithen 2 Arten.

Brachiopoden werden in der Kreide schon seltener; Spiriferen fehlen gänzlich; nur Terebrateln, Terebratellen, Rhynchonellen sind häufig. Besonders zu bemerken sind Rhynchonella sulcata, lata und depressa, Terebratula oblonga und depressa, die schöne reichgefaltete Terebratella Astieriana und andere mehr. Das deckschalige Geschlecht Crania, welche, wie eine Auster oder ein Hippurit mit der Rückenklappe an den Boden fest wächst, namentlich Crania Inabergensis, ferner Thecidea mit gewölbter Bauchklappe und einer dicken Rückenklappe, in welcher für die Spiralarme eigene Kanäle vorhanden sind, sowie Magas beginnen in der Kreide und kommen nur in seltenen Exemplaren auch schon im obern weißen Jura vor.

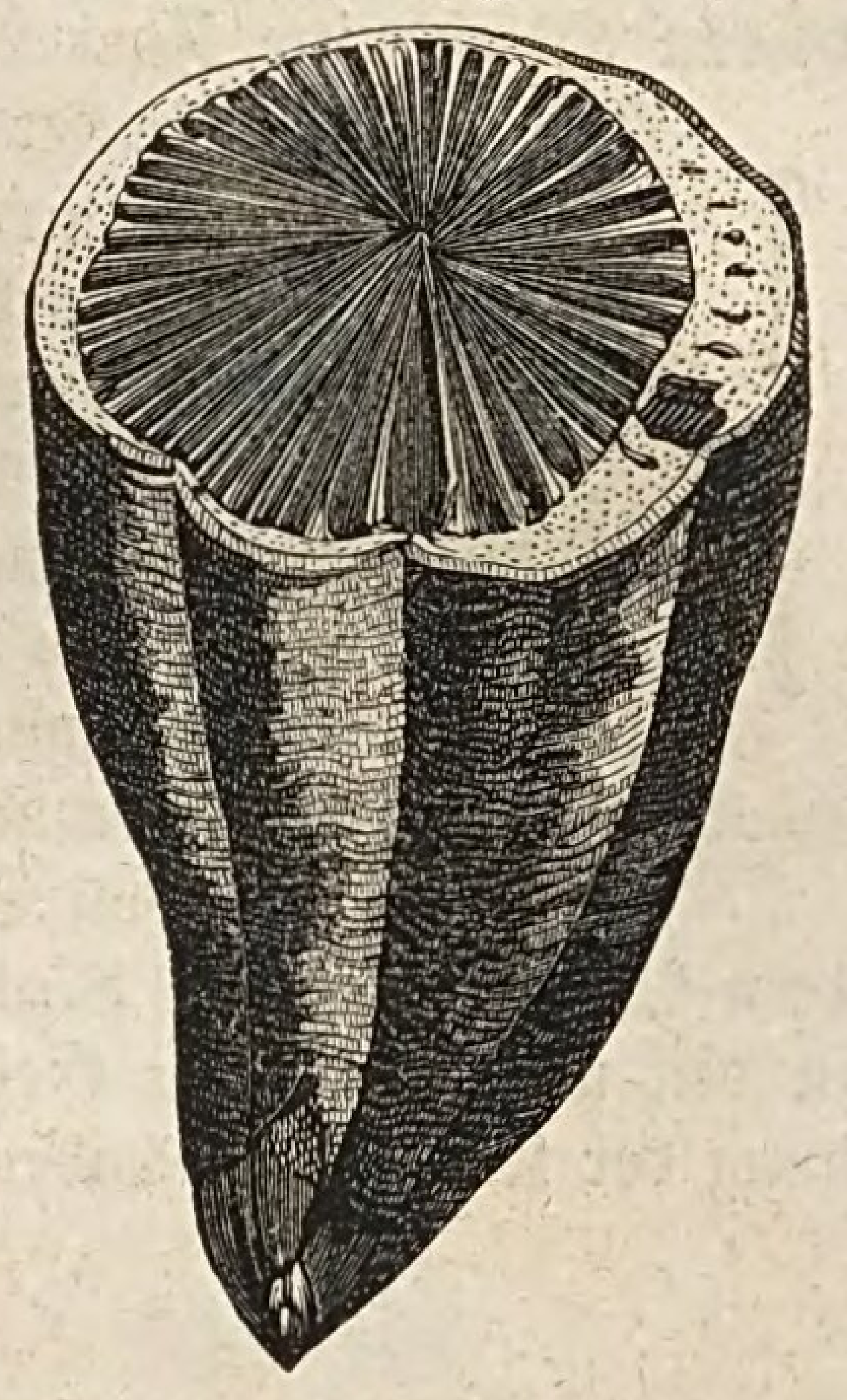


Fig. 230 a. Hippurites.

Strahlthiere. Die Stoffmenge, welche die Natur zu jeder Zeit auch für diese Thierklasse in Bereitschaft hielt, ist in der Kreideformation auf eine andere Weise wie in den früheren Epochen vertheilt.

Mooskorallen oder Bryozoen, namentlich Zonoporen, Cerioporen, Spiniporen, Reteporen, Pustuliporen, Tubuliporen, Lunuliten, Vincularien, Cellarien, Siphonellen u. s. w. sind in der obern Kreide und in den sie begleitenden Feuersteinen sehr häufig.

Auch Seesterne und Seeigel, namentlich Cidaris, Salenia, Arbacia, Galerites, Discoidea, Nucleolites, Pyrina, Toxaster, Hemiaster, Holaster u. s. w. kommen in vielen eigenthümlichen Arten vor; wogegen Haarsterne (Criniten) nur durch zwei Arten, Apiocrinus und Marsupites, vertreten werden.

Die Korallen bilden nur selten Bänke oder Riffe; sie kommen mehr zerstreut und einzeln, jedoch in zahlreichen Arten der Gattungen: Maeandrina, der scheibenförmigen Cyclolites, Synastrea, Cryptocoenia, Astrocoenia, Montlivaltia u. s. w. vor. Dagegen nehmen Foraminiferen und Spongiten eine außerordentliche Bedeutung an; sie bilden in Verbindung mit Diatomeen und andern kleinen Pflanzen den Grundstoff zu ganzen Gebirgslagern.

Die Foraminiferen sind kleine Korallenthierchen, welche siebartig durchbohrte Kalkschälchen bewohnen. Solcher Schälchen sind stets mehrere nach bestimmten Formengesetzen an einander gereiht. Die Durchlöcherung gab Veranlassung zu dem Namen Löchleinträger, und weil sie vielkammerige Gehäuse bauen, nannte man sie auch Polythalamien. Foraminiferen sind schon aus den ältesten Sedimentalgesteinen bekannt, wo sie sich jedoch nur vereinzelt finden, oder worin sie zerstört wurden, ehe sie uns zur Beobachtung kamen. In der Kreide sind ihre Reste wohlerhalten, und namentlich wimmeln die Mergel der südeuropäischen Kreideformation davon, während in denen Norddeutschlands mehr Kieselpanzer von Diatomeen vorkommen.

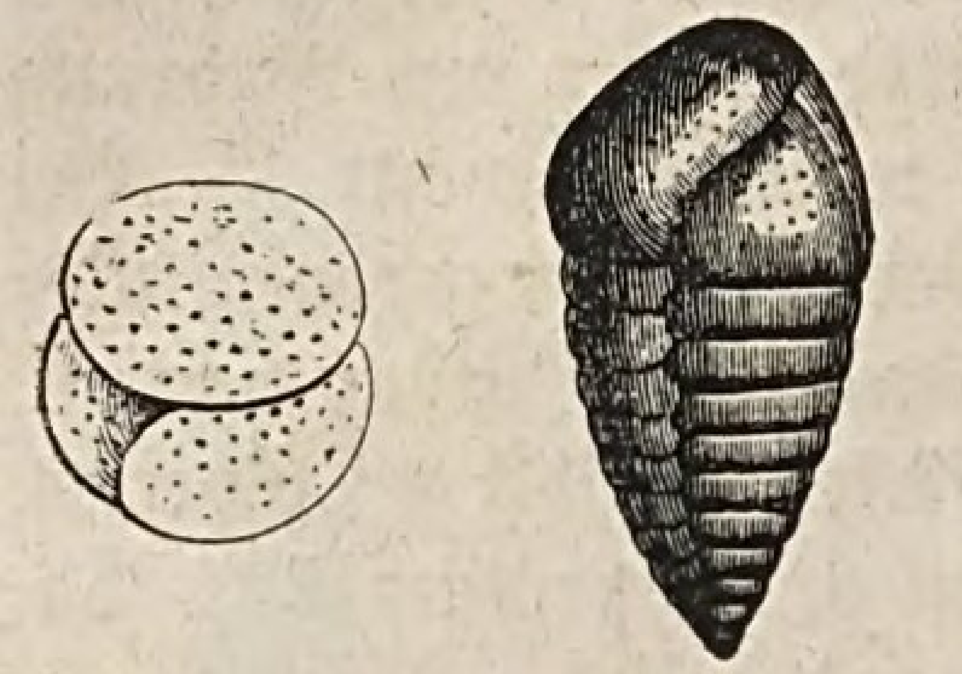


Fig. 230 b. Chrysalidina gradata.

Hierdurch ist schon ein gewisser klimatischer Unterschied ausgedrückt. Die beiden Holzschnitte Fig. 230 b und c geben vielmalige Vergrößerungen solcher, in der Kreide häufigen Thiere. Die Fig. 231 ist die Chrysalidina gradata, welche aus allmälig an Größe zunehmenden Schälchen besteht, die zu dreien verflochten, wie ein dreizeiliges Zöpfchen erscheinen. Auf den Platten der obersten Kammern erkennt man deutlich die Löchlein. Fig. 230 c giebt die Flabellaria rugosa, eine platte Scheibe, welche durch kappenartig über einander gewachsene Kammern gebildet ist. Manche Foraminiferen gleichen kleinen Ammoniten, weshalb man sie für Brut dieser Cephalopoden angesehen hat.



Fig. 230 c. Flabellaria rugosa.

Von Spongien oder Meerschwämmen sind unter vielen andern Camerospongia, Siphonia, Coscinopora, Chonanites zu erwähnen, welche in den manchfaltigsten Gestalten auftretend, einen großen Antheil an der Bildung der Kalkgesteine haben.

b. Pflanzen.

Da der größte Theil der bekannten Kreidegesteine Meeresabsatz sind, so zählt die in ihnen begrabene Flora nur wenige an Arten und Geschlechtern.

Die nur bei 300maliger Vergrößerung sichtbaren Diatomeen, deren wir im ersten Bande Seite 71 einige abbildeten, kommen zwar schon im Silurgesteine vor und fehlen in keinem Sedimente; sie sind aber in der norddeutschen und englischen Kreide besonders häufig. Man hat berechnet, daß in einem Pfund Schreibkreide 10 Millionen solcher kleiner kieselschaliger Pflanzen stecken, zwischen welchen noch Tausende von Foraminiferen und Korallen liegen.

Algen und Najaden, diese auf seichtem Meeresgrunde wachsenden Pflanzen sind in 8 bis 9 Geschlechtern vertreten, von denen Rhodomelites, Halyserites, Chondrites, Sargassites und Fucoides die wichtigsten sind; aber auch Conferven des Süßwassers wurden beobachtet.

Unter den Landpflanzen sind wenige Farne: Pecopteris striata, bohemica lobifolia, die noch als baumförmige zu betrachten sind. Dann Palmen: Flabellaria chamaeropifolia; ferner Cycadeen: Cycadeïtes Nilsonianus, Zamites und Microzamites; endlich sind auch einige Coniferen: als Brachyphyllum, Abietites, Pinites, Wittringtonien, Araukarien, Damariten, die schon an heutige erinnern, und Cunninghamites, eine eigenthümliche Gattung, zu erwähnen; am bemerkenswerthesten ist aber das Vorkommen von Laubholzblättern. Es sind namentlich Walnuß (Juglandites elegans), Ahorn (Acer cretaceum), Weiden (Salicites Wahlbergi, Fragilifolia und Petzeldianus), Hainbuchen (Carpinus arenaceus), Erlen (Alnites Friesi), Myriceen (Comptonia antiqua) und eine eigenthümliche Ulmenart (Credneria) bekannt geworden.

Diese Flora und Fauna bezeichnet die Grenzmarke einer neuen Epoche; indem sie noch zahlreiche Arten der früheren mesozoischen Perioden enthält, hat sie schon andere, welche die känozoische bezeichnen. Es ergiebt sich sohin aufs Neue, daß die Natur bei der Ausbildung der organischen Wesen keine Sprünge liebt, sondern ganz allmälige Uebergänge vorzieht. Aus der Kreide sind bis jetzt bekannt:

Thiere:

Spongiten	273 Arten
Foraminiferen	80 „
Korallen und Bryozoen	990 „
Seesterne und Seeigel	314 „
Haarsterne	6 „
Brachiopoden	250 „
Rudisten	88 „
Conchiferen	2100 „
Gasteropoden	500 „
Cephalopoden	162 „
Gliederthiere	240 „
Fische	80 „
Amphibien	34 „
Vögel	1 „
	5118 Arten.

Pflanzen:

Diatomeen	100 Arten
Algen	26 „
Farne	18 „
Palmen	9 „
Cycadeen	18 „
Coniferen	26 „
Laubholzarten	16 „
	213 Arten.

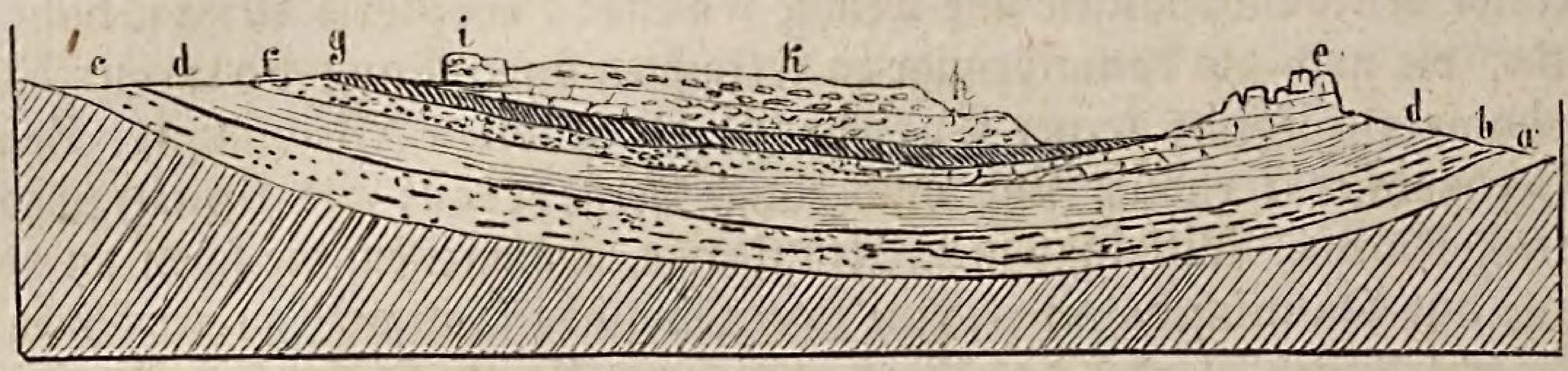


Fig. 231. Schema der Kreideformation in Norddeutschland.
Auf den ältern Gesteinen verschiedener Art ruht: a der Serpulitensand, b der Hilsthon oder c der Hilssandstein, welche das Neocom darstellen; — d der Flammenmergel, welcher der Galt ist; — e untere Quader oder f Grünsand mit g Pläner, welche als Turon betrachtet werden; — h lockere Mergel oder i oberer Quader und k Kreide mit Feuerstein, die als Senon gelten.

1. Sedimentgesteine der Kreideformation.

Die Kreideformation ist vorzugsweise aus Sandstein, Thon, Mergel, festem Kalk, Quarzit, Kieselschiefer und endlich aus lockerem, weißen Kalke gebildet, denen Feuerstein, Dolomit, Gyps, Eisenerz, Phosphorkalk, Steinkohlen und Steinsalz untergeordnet sind. Der Sandstein und lose Sand, häufig durch Grünerde oder Glaukonit (einer aus Eisenoxyd, Phosphorsäure, Kieselsäure, Thonerde und Wasser zusammengesetzten Substanz) gefärbt, hat den Namen Grünsand erhalten. An andern Punkten fehlt dem Sandsteine die grüne Farbe; er ist vielmehr weiß und gelb, und da er zugleich in mächtige Quader zerspringt (was beiläufig bemerkt auch noch andere Sandsteine thun), so gab man ihm den Namen Quadersandstein. Der Sandstein ist meistens ziemlich arm an Versteinerungen, hat sehr oft verschiedenwinklige (discordante) Schichten, wodurch er an Dünenbildungen erinnert. Zuweilen finden sich in ihm nur die losen Sandmassen, welche in der Regel die tiefste Abtheilung der Formation darstellen, ganze Schichten von Nepulen oder von Spongien; seltener sind darin Steinkohlen oder in Rußland phosphorsaure Kalklager vorgekommen.

Zuweilen wird diese untere Sandsteinschicht sehr mächtig, wie in Sachsen und Böhmen (sächsische Schweiz), und vertritt dann mehrere derjenigen Glieder, in welche die Kreideformation von den Geologen abgetheilt worden ist; zuweilen fehlt sie aber auch ganz und wird durch Talk, Mergel und Thon vertreten. In England, Nordfrankreich, Belgien, Deutschland, Dänemark, Rußland bis an den Kaukasus herrschen die Sandsteine und Thone in der untern Abtheilung der Formation vor; man nannte sie nach der griechischen Uebersetzung des Stadtnamens Neufchatel oder Neuenburg Neocom und die ihr folgende Thonschicht Galt. Südlich von den Alpen, in Griechenland, Kleinasien, Afrika, Italien, Südfrankreich, Spanien und Portugal ist mit wenigen Ausnahmen die tiefste Kreideschicht Kalk, welcher seiner vielen Hippuriten wegen Rudistenkalk genannt wird. Auf diese Kalke folgen grüner Thon und Mergel, welche den Galt ersetzen.

Die obere Abtheilung der Kreideformation hat man Turon- und Senonbildung genannt; sie besteht in Nordeuropa wiederum aus Grünsand und Quadersandstein mit Thon- und Kalkmergel-Einlagerungen. Dem Kalkmergel gab man in Sachsen die Bezeichnung Pläner; er bildet eine aus Mergel, Thon

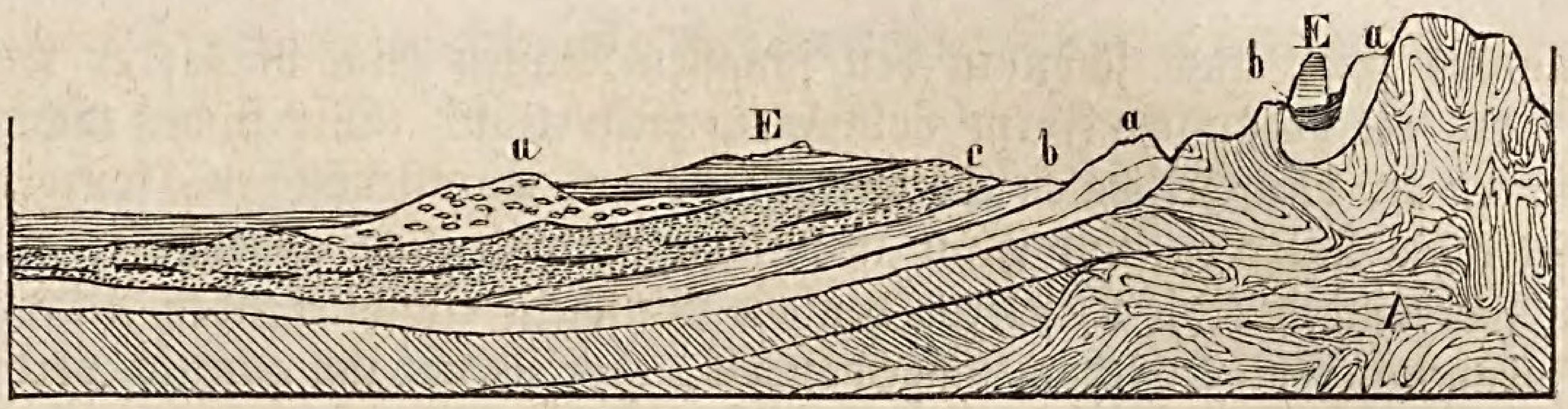


Fig. 232. Schema der Kreideformation in Südeuropa.
A metamorphosirte Gesteine der Alpen: a Rudistenkalk oder Neocom; b grüne Thone und Mergel oder Galt; c Mergel, Grünsand und Hornstein oder Turon; d weiße Kreide mit Feuerstein oder Senon. E Nummulitenschichten der Tertiärformation.

und Kalk bestehende verhältnißmäßig dünne Zwischenlage in den Quadersandsteinen. Ueberhaupt scheint die ganze Kreideformation Böhmens, Schlesiens und Sachsens nur aus Sandsteinen, sehr untergeordneten Mergellagern und wenigen Kalksteingebilden zu bestehen; man hält sie für die obere Abtheilung, die Turon- und Senonbildung, und glaubt, daß die tiefern Schichten, welche sonst im Norden Europa's vorherrschend Sand und Thon sind, hier gänzlich fehlen. Am Fuße des Harzes, in Westfalen und am Teutoburger Walde liegen bald Sandsteine, dem Quadersandstein ähnlich, bald Kalkstein und Thon, der sogenannte Hilskalkstein und Thon, bald Grünsand unten und bilden das Neocom. Der sogenannte Galt ist durch bunte Mergel, die Flammenmergel, vertreten; diesen folgt das Turon, welches aus Quadersandstein, Thon, Grünsand, Pläner, und endlich das Senon, welches aus lockern Mergeln, Quadersandstein, Sand und Thon besteht. Also auch hier herrschen in der obern Abtheilung noch Sand und Thon vor; ganz anders verhält sich dies in Dänemark, auf Rügen, in Belgien, Nordfrankreich, England und in den Alpen. — Hier herrschen im Turon Grünsand und kalkige durch Feuerstein-, Kieselschiefer- und Hornsteinlagen ausgezeichnete Mergel, während das Senon nur aus weißer, lockerer Kreide mit zahllosen Feuerstein- oder Flintknollen besteht. Turon- und Senonbildungen verschwimmen allmälig in einander. Dasselbe ist bei den übrigen Gruppen der Formation der Fall, und jene Unterabtheilungen sind nur bei rein örtlichen, auf das Kleinste eingehenden Untersuchungen von Nutzen, weil durch sie diese oft schwere Arbeit erleichtert wird.

Die obere Kreide bildet an den Küsten der Meerenge von Calais steile Felsmassen; nicht minder auf Rügen, wo das Vorgebirge Stubbenkammer einige Berühmtheit erlangt hat. Da die Felsgesteine aber aus abwechselnd festen und weichen Schichten gebildet sind, so unterliegen sie den Ausspülungen der Wellen und sinken in großen Massen ins Meer. Die Brandung zerstößt sie zu Staub, nur die harten Feuersteine bleiben als Rollsteine zurück; deshalb finden wir einen großen Theil der Ostseeküsten und der norddeutschen Ebene, nicht weniger die Kreideküste Englands und Frankreichs mit Flint bedeckt. Diese Flintsteine enthalten gewöhnlich Versteinerungen; ja sie sind selbst wol in Formen von Seeigeln und anderen Seethieren vorhanden, also Pseudomorphosen der Kieselerde nach organischen Formen. Die Kieselerde kann diese Formen erst erfüllt haben, nachdem die Thierreste schon im Gesteine eingebettet waren; die mit Flint erfüllte Kreide erscheint sohin als ein in gewisser Weise umgewandeltes Gestein. Der

Chemismus spielt auch schon in den jüngsten Massen seine Rolle; er wirkt so lange, bis die organische Form vollständig zerstört ist. Wir finden nicht allein im Innern der Muschelschalen Seeigelgehäuse und Korallenästchen, sondern auch über selbe hin Kalzedon und Flint in unförmlichen Knollen angehäuft; in diesen Fällen hat entweder die Kieselerde den die Muscheln einschließenden Diatomeen- und Foraminiferen-Schlamm umgewandelt, oder sie hat ihn gänzlich verdrängt. Zuweilen schließen sich derartige Flintknollen dicht an einander, wodurch eigentliche Lager von Kieselerde mitten in der Kreide entstehen, welche dann um so gewisser zu den umgewandelten Gesteinen gerechnet werden dürfen, als sie vorher hauptsächlich aus Kalkschalen von Thieren bestanden. In Südfrankreich und den westlichen Alpen besteht die gesammte Kreideformation vorherrschend aus festen Kalksteinen, die als Spatangen-, Rudisten- und Sewerkalk bekannt sind. In den östlichen Alpen und den Karpathen herrschen dagegen in den untern Abtheilungen Mergel und Sandstein, der Wiener- und Turrilitensandstein, und auch die obern Schichten sind noch reich an sandigen Gesteinen, denen aber Sewerkalk und die sogenannte Gosaubildung beigesellt sind. In den Südalpen sind allgemein feste Kalksteine der Kreideperiode herrschend.

Schließlich bemerken wir noch, daß auf der nördlichen Halbkugel der Erde Thistadt in Jütland unter 57 Grad nördlicher Breite der äußerste Punkt ist, an welchem Kreidegesteine anstehen, während auf der südlichen in der Magellansstraße bei 53° südlicher Breite solche noch vorkommen. In Europa tritt diese Formation auf in Dänemark, Schonen, Helgoland, England, Portugal, Spanien, Frankreich, Belgien, Deutschland, Italien, Sicilien, Istrien, Polen, Mittel- und Südrußland, Türkei, Griechenland, am Kaukasus, in Asien in Daghestan, am Libanon, Sinai und in Ostindien, in Afrika am Mittelmeer und am Kap der guten Hoffnung, in Amerika in New Jersey, Alabama, Mississippi, Tennessee, Texas, Mexiko, Venezuela, an den Andes und im Feuerlande. Sie ist sohin über die ganze gemäßigte und heiße Zone verbreitet, und deshalb weichen die in ihr gefundenen Thierformen verschiedener Zonen so sehr von einander ab.

2. Eruptive Gesteine der Kreideformation.

Laven und vulkanische Gesteine, welche mit den Kreidegesteinen abwechselnd lagern, sind noch nicht bekannt; möglicherweise gehören die an Achatkugeln reichen Serpentingesteine Oberitaliens hierher. Der Serpentin ist aus der Umwandlung von allerhand Laven und Sedimenten entstanden, eigentlich ein metamorphosirtes Gestein; denn er ist sehr oft in Pseudomorphosen nach den Krystallformen des Olivines, welcher im Basalt und in der Lava so häufig vorkommt, gefunden worden Vielleicht gehören die meisten vulkanischen Erhebungen der Andeskette Südamerika's der Periode an, während welcher sich die Kreideschichten ablagerten. In den Pyrenäen, namentlich bei St. Martin de la Gly und Aurignac trifft man zwischen den versteinerungsreichen Kreideschichten Lager von Granit an, welche mit jenen Schichten wechseln. Diese krystallinischen Gesteine sind entweder umgewandelte Sedimente oder umgewandelte Obsidianlaven.

3. Metamorphosirte Gesteine der Kreideformation.

Was wir bei den metamorphosirten Gesteinen aus der Juraformation gesagt haben, das findet auch für diese Periode Anwendung. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß manche Glimmerschiefer und Talkgesteine (Protogine), selbst manche Gneus- und Granitmassen der Alpen, des Kaukasus und der mittelasiatischen Gebirge aus der Umkrystallisation der Kreidegesteine entstanden; daß gerade in Folge dieser langsamen Umbildung jene mächtigen Gebirgszüge empor wuchsen. Auf den Spitzen und an den Gehängen dieser Alpenketten finden sich die Kreideschichten in einzelnen Partien noch weniger verändert, hoch über dem Orte, an welchem sie auf dem alten Meeresgrunde sich absetzten. Aber auch hierüber hat die wissenschaftliche Untersuchung noch kein genügendes Endergebniß liefern können.

Die Umwandlung der Kreidekalke in Flint und andere Kieselgesteine haben wir schon vorher besprochen. Auch der selten vorkommenden Dolomiten erwähnen wir noch, als solcher Massen, die durch Stoffwechsel aus Kalk hervorgingen.

4. Steinkohlen, Erze, Salz und andere nutzbare Mineralien.

Die untern und obern sandigen Abtheilungen der Kreideformation enthalten hin und wieder bauwürdige **Steinkohlenflötze**, deren Inhalt schon sehr an Braunkohle erinnert. Bei Wienerneustadt und Mürzzuschlag in den österreichischen Alpen kommt eine solche Formation vor, deren Bau ganz an die Lagerungsverhältnisse der umgekippten, starkgefalteten Kohlenformation erinnert. Es sind daselbst 21 über einander liegende Kohlenflötze bekannt, von denen drei 2 bis 4 Fuß mächtig sind, während die meisten 2 bis 10 Zoll nicht überschreiten. Zwischen Bunzlau und Löwenberg in Schlesien wird ebenfalls ein 2 Fuß starkes Steinkohlenflötz der Kreideformation bebaut, auch bei Quedlinburg am Harzrande finden sich bauwürdige Flötze. Auf Bornholm, der Insel Aix, bei Ernani und Tolosa, endlich in Venezuela (Südamerika), wo die Flötze 4 Fuß dick sind, ist die Kreideformation ebenfalls als steinkohlenführend erkannt worden.

In den Karpathen enthalten die zur untern Kreideformation gehörenden Sandsteine **Bleiglanz**, **Kupferkies**, **Fahlerz**, **Silber** und **Gold**. Zu Vöröspatak in Siebenbürgen ist der Sandstein gänzlich mit gediegen Gold eingesprengt; es werden daselbst jährlich 1400 Mark Gold gewonnen. Auch bei Zsibold, Fazebaja und Buscum in Siebenbürgen ist jener Sandstein gold- und silberführend; an ersterm Orte enthält er außerdem das seltene Tellur.

Eisenerze. Die mächtigen Bohnerzlager von Steinlahde und Innerode im Hannöverschen, die Bohnerze von Dordogne in Frankreich sind der Kreideformation eingelagert. Die ganze Umgegend von Hildesheim nach Innerode ist reich an den Kreideschichten untergeordneten Bohnerzen, ja bei Altenhagen im Braunschweigischen erreicht das bis dahin fortziehende Lager von Steinlahde eine Mächtigkeit von 90 bis 380 Fuß. Gelber Ocker, oolithische und dichte Brauneisenerze kommen auch in Frankreich und England mehrfach in der Kreide vor und werden bergmännisch gewonnen. Manche dieser Erze umschließen schöne Versteinerungen, ein Beweis ihrer in Folge des Stoffwechsels erfolgten Entstehung.

Als **Bausteine** haben unter andern jene Kreidetuffe, welche an einzelnen Lokalen die Schichten der weißen Kreide vertreten, eine ausgedehnte Anwendung gefunden. Einen besondern Ruf erhielten in dieser Beziehung die sogenannten „Sandsteine" des Petersberges bei Maestricht, deren schon von den Römern ausgebeuteten Brüche wegen ihren großartigen unterirdischen Säulenhallen und anderweitigen Sehenswürdigkeiten gern von Reisenden besucht werden. Die Eingänge zu ihnen gleichen mächtigen Thoren und das ganze Innere des ausgehöhlten Berges macht den Eindruck eines großartigen architektonischen Werkes. Die meisten Gänge sind regelmäßig nach Schnur und Winkelmaß angelegt und liegen ziemlich in derselben Ebene. Um die Quadersteine zu gewinnen, bedient man sich langer Meißel, welche an lange, eiserne Stangen gesteckt sind, und sägt sie so ohne besondere Schwierigkeiten heraus. Trotz der Weichheit des Gesteines eignet sich letzteres doch ganz gut zu Bauten und wird besonders als Fundamentstein gerühmt. Der bei der Bearbeitung entstehende Abfall dient als Düngemittel.

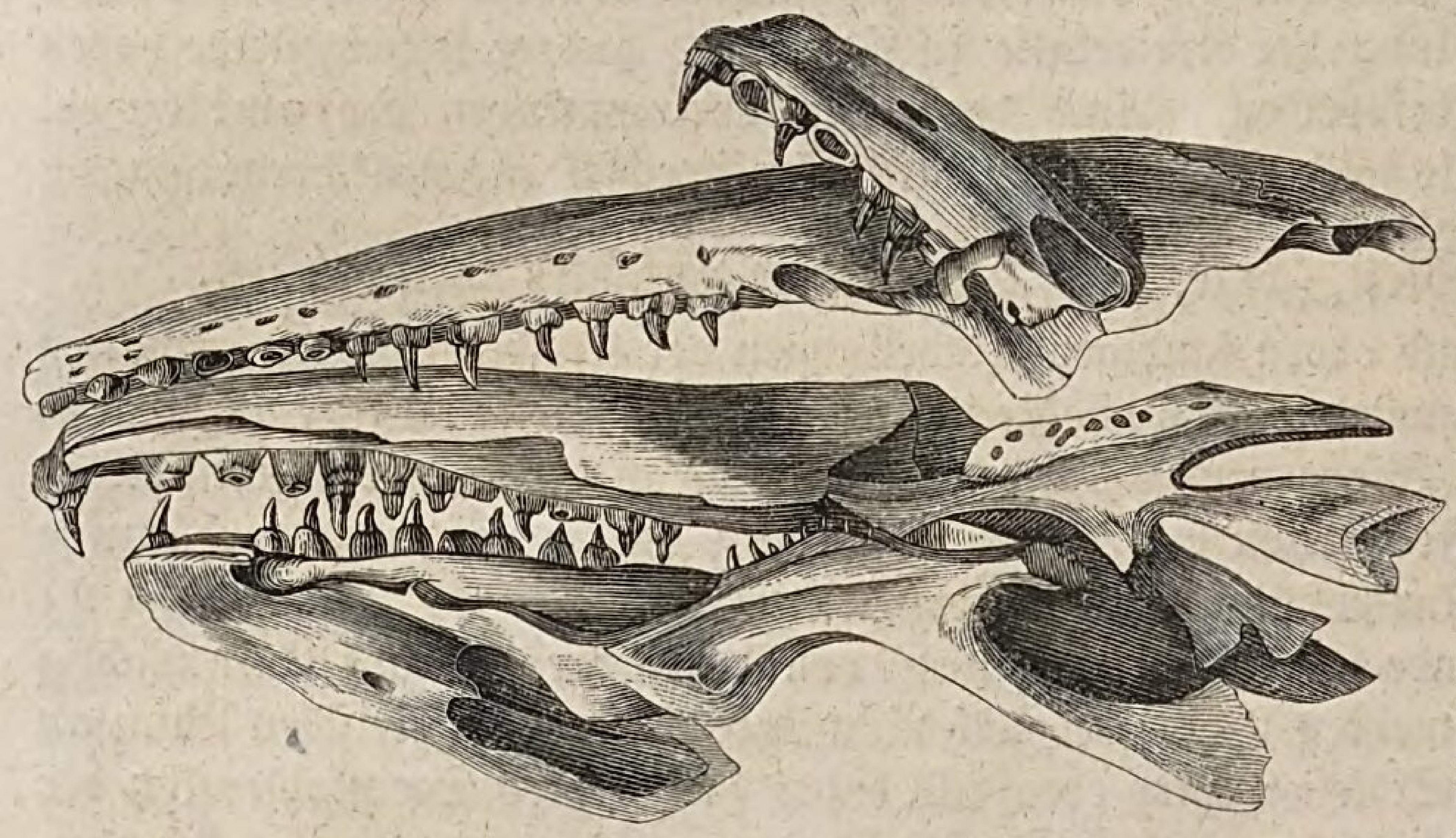


Fig. 233 Kopf des Mosasaurus.

Die Maestrichter Steinbrüche sind zugleich eine reiche Fundgrube für den Geologen. Außer Ueberresten von Muscheln, Schnecken, Korallen und Strahlthieren fand man hier auch mehrfach Knochen der vorerwähnten Mosasaurier. Den ersten wohlerhaltenen Kopf, den beistehende Abbildung zeigt, erhielt man 1770 und Adrian Camper bestimmte nach ihm das Thier, von dem er stammte, als verwandt mit den Leguanen und Moniten und nannte es Mosasaurus Hofmanni. Unser Bild stellt die Schädelknochen in der Lage dar, wie sie noch im Steine sitzen, und giebt nur den Vorderkopf des Thieres.

Derselbe Steinbruch gestattet auch eine nähere Betrachtung jener unter dem Namen „geologische Orgeln" bekannten Erscheinung. Es sind dies cylindrische, auch wol von dieser Form etwas abweichende Löcher. Ihr Durchmesser schwankt von einigen Zollen bis zu zwölf Fuß; meistens durchsetzen sie ziemlich senkrecht, schachtähnlich, die Gebirgsart und sind im Innern mit Geröll, Sand und Thon erfüllt. Sie gehen hier im Petersberge von der Oberfläche an über 200 Fuß tief hinein und zeigen in ihrem Innern eine tropfsteinartige Rinde. Wahrscheinlich sind sie eine Folge von Auswaschungen, über deren speziellern Verlauf jedoch noch Vieles aufzuhellen bleibt.



Fig. 234. Das Innere des Petersberges bei Maestricht.

Steinsalz und **Gyps** kommen in der Kreideformation Algeriens bei Constantine vor. Sie bilden ganze Berge, wie den Dschebel Melah bei Biskara und den Dschebel Sahari bei Medeah, worin Salz und Gyps in Schichten horizontal abwechseln. Sonstige Vorkommnisse, welche früher zur Kreide gezählt wurden, wie die kolossalen Steinsalzstücke von Nachitschewan und Kulpi in Armenien, die Gyps- und Schwefelberge Siciliens, der Gyps und das Steinsalz Galiziens und Polens, gehören nach neuern Forschungen zur Tertiärformation.

Des **Feuersteines**, welcher ehemals als Feuerzeug und für Schießgewehre so viel Anwendung fand, den unsere Voreltern zu Waffen und Hausgeräth verarbeiteten, von welchem jetzt aber nur noch für Glas- und Porzellandarstellung Anwendung gemacht wird, haben wir oben schon gedacht; er kommt auf Lagern, Gängen und in Knollen vor.

Phosphorsaure Kalkerde bildet, vermischt mit Thon, Kalkstein und Eisenkies, Lager und Knollen in der Kreide. Solche Lager werden immer von Glaukonit oder Grünerde begleitet. Im Gouvernement Woronesch setzt ein solcher quarzhaltiger Phosphorkalk ein 1 bis 2 Fuß dickes, auf mehrere hundert Quadratmeilen ausgedehntes Lager zusammen. Das Gestein enthält in 100 Theilen 30 bis 31 Theile des Stoffes, welchen die Landwirthschaft sich so sehnlich wünscht, nämlich das Knochenmehl ersetzende Kalkphosphat; dann 5 Theile Fluorkalzium, während der Rest Sand und Kalkstein ist. Bei Guildford und Farnham in England finden sich solche Phosphorkalknieren lagerhaft im Galte. Sie besitzen eine concentrisch schalige Struktur. Da der phosphorsaure Kalk unauflöslich im Wasser ist, aber durch kieselsaures Natron zerlegt wird, wobei sich phosphorsaures Natron auflöst, so können diese Phosphatlager und Nieren sich leicht und einfach durch den Stoffwechsel gebildet haben, wenn sich im Laufe der Zeit der gesammte Fluor- und Phosphorgehalt der Korallen, Muscheln und anderer thierischer Reste, von denen das Gestein wimmelt, in ihnen vereinigte. Ganz ähnliche Vorgänge finden in den Basaltablagerungen des Hessenlandes statt, worin der geringe phosphorsaure Gehalt des Gesteines auf einzelnen, mit Kalksinter erfüllten Spalten der Verwitterungsrinde zusammengeführt und als phosphorsaurer Kalk oder Osteolith befestigt wird.

Die **mehlartige Kreide**, welche als Schreibkreide und Malerfarbe so vielfache Anwendung findet, bildet in der Champagne, in Nordfrankreich und England Lager im obern Theile der Formation und wird gemahlen und geschlämmt in den Handel gebracht. Auch des **Trippelkalkes**, des kieselhaltigen Kalkstaubes, welcher als Putzpulver so vielfach Anwendung findet, ist zu erwähnen; er kommt in Deutschland (bei Amberg) und in Frankreich an mehreren Punkten vor und ist ein gesuchter Handelsartikel. Endlich muß noch der vortrefflichen Bausteine, der **Quadersandsteine** gedacht werden, mit denen aus den Elbgegenden (sächsische Schweiz) ein so bedeutender Handel getrieben wird.



Fig. 235. Landschaft aus der Molassezeit.
Im Hintergrunde Mastodonten, ein Riesenfaulthier, einen Baum niederreißend; im Vordergrunde das Megatherium und das mit Stoßzähnen schwerbewaffnete Dinotherium; Anoplotherien und Paläotherien vorn und weiter hinten.

IV. Känozoische Formationen.

Wenn abgesehen wird von denjenigen Punkten der Erdoberfläche, an denen sich die Gesteine der verschiedenen, im Vorhergehenden beschriebenen Formationen nicht in vollkommen ununterbrochener Reihenfolge überlagern, sondern an denen einzelne Zwischenglieder fehlten, wo also die ältere Schicht, eine Zeit lang über dem Meere erhoben, keine Niederschläge aufnehmen konnte; wenn vielmehr die Punkte verglichen werden, wo Schicht auf Schicht regelmäßig folgt und ohne Unterbrechung das letzte Glied einer Formation in das erste der folgenden verläuft; wenn alle etwa zwischenliegenden Land- und Wüstengebilde gehörig berücksichtigt werden: so stellt sich ein allmäliges Uebergehen nicht allein einer Formation in die andere, sondern auch einer jeden der in der Zeit sich folgenden Formationsgruppen, welche als paläozoische, mesozoische und känozoische bezeichnet wurden, mit Bestimmtheit heraus. Die Uebergänge finden so unmerklich statt, daß es oft unmöglich ist darüber zu entscheiden, als die Grenzschichten tiefer oder höher im Systeme gestellt werden sollen. Wir bemerken bald, daß die nie ermüdende Natur keine Ruhepunkte kennt, deren der Mensch nicht entbehren kann, und die er sich im Aufstellen von Abtheilungen bereitet.

Wir sind wiederum an einem solchen Abschnitte angelangt und müssen uns gestehen, daß es schwer ist, die Grenze zwischen der jüngsten Kreide und den ältesten Tertiärschichten festzustellen. Es ist mehr ein Uebereinkommen der Gelehrten als eine aus der Natur der Sache hervorspringende Nöthigung, welche die zunächst zu betrachtende Abtheilung der Tertiärformation nicht mehr zu den Kreideschichten, mit welchen man sie eine lange Zeit verband, rechnet.

Unmöglich wird eine Entscheidung, wenn die Tertiärschichten sich als Land- und Süßwasserbildungen darstellen, entstanden auf einem Festlande, welches niemals unter demjenigen Wasserspiegel eingetaucht war, unter welchem die marinen Kreidegesteine sich niederschlugen; wenn sie vielmehr an Punkten sich entwickelten, wo die Gesteine seit Tausenden von Jahrtausenden trocken lagen und als Festland und Inseln bestehend, an dem rund um sie her sich bewegenden wechselvollen Treiben im Oceane keinen andern Antheil nahmen, als daß sie ihm Stoffe und Abnutz, gelegentlich ein Blatt, einen Baumstamm, einen Thierleib zusandten. Können nicht die Braunkohlen mit ihren Baumstämmen, Früchten und Blättern, welche auf dem devonischen Gesteine, dem permischen Systeme, dem Muschelkalk der Trias aufliegen und erst nur durch meerische Ablagerungen der Tertiärformation bedeckt sind, bis in die Kreide- oder gar Juraformation herabreichen? Diese Frage erschöpfend zu beantworten ist noch nicht gestattet; deshalb thut das Suchen nach der Wahrheit noch Noth!

A. Tertiärformation.

Es ist mit Unrecht lange Zeit behauptet worden, die Tertiärformation sei im Vergleiche mit andern von ganz untergeordneter Bedeutung, ihre Gesteine seien weich und ihre Schichten unmächtig, horizontal gelagert und von geringer Ausdehnung. In neuerer Zeit bekannte die wissenschaftliche Forschung, daß keine andere Formation von größerer Verbreitung und Bedeutung ist als jene. Sie nimmt an der Zusammensetzung der Alpenketten von den Pyrenäen an bis an die Grenzmarken China's hin einen ununterbrochenen Antheil; ihre Schichten sind festes, hartes Felsgestein von 4000 Fuß Dicke, welches an Festigkeit und Härte den härtesten Gesteinen gleichkommt; sie sind aufgebogen, senkrecht gestellt, gefaltet und übergekippt, wie die Silur-, Devon-, Kohlen- und alle andere Schichten, die sich hohen Gebirgszügen nähern. Anderwärts bilden die Tertiärgesteine die Hunderttausende von Quadratmeilen umfassenden Ebenen Südamerika's, sie finden sich in Asien, Afrika, Australien, Europa vielfach in wenig veränderter Lagerung. Hier sind genau wie bei horizontal gelagerten Silurschichten Rußlands und Amerika's, wie bei allen Schichten, die in ihrer Lagerung durch tief eingreifende Metamorphose nicht gestört wurden, ihre Massen weich, plastisch, locker; und nur einzelne Lagerstücke, welche schon Umwandlungen durch den in ihrer Substanz begründeten Stoffwechsel erfuhren, wie manche Kieselconglomerate, Kalksteine und Mergel, sind zu den festesten, dichtesten Gesteinen erhärtet. Sobald Einseihungen von Kalk, Eisenoxyd, Kieselerde die zwischen den Körnchen der Gerölle,

Sandkörnchen, Muschelschalen oder der feinsten Thonstäubchen befindlichen Räume und Kanälchen erfüllen, und dadurch jene Körnchen mit einander verkitten, muß das Gestein die größte Dichtigkeit und Festigkeit erlangen. Wenn die Gesteinschichten durch starke Hebung vielfach getrümmert und von Spalten durchzogen wurden, wie am Saume und im Innern der Alpen der östlichen Halbkugel der alten Welt, so konnten diese Erhärtungsvorgänge das gesammte Tertiärgestein umfassen. Wir sehen deshalb in Steiermark ganz dieselben Blätterversteinerungen im Thonschiefer und einem grauwackenartigen Sandsteine, welche bei Teplitz in Böhmen und Münzenberg in Hessen in einem durch Erdbrand und Kieseleinseihung erhärteten Thone und Opale, oder bei Salzhausen und Steinheim in Hessen, am Westerwalde und bei Rott im Siebengebirge in blättriger Braunkohle, im Thon, im mürben Sandsteinschiefer, im vulkanischen Tuffgesteine aufs schönste erhalten sind.

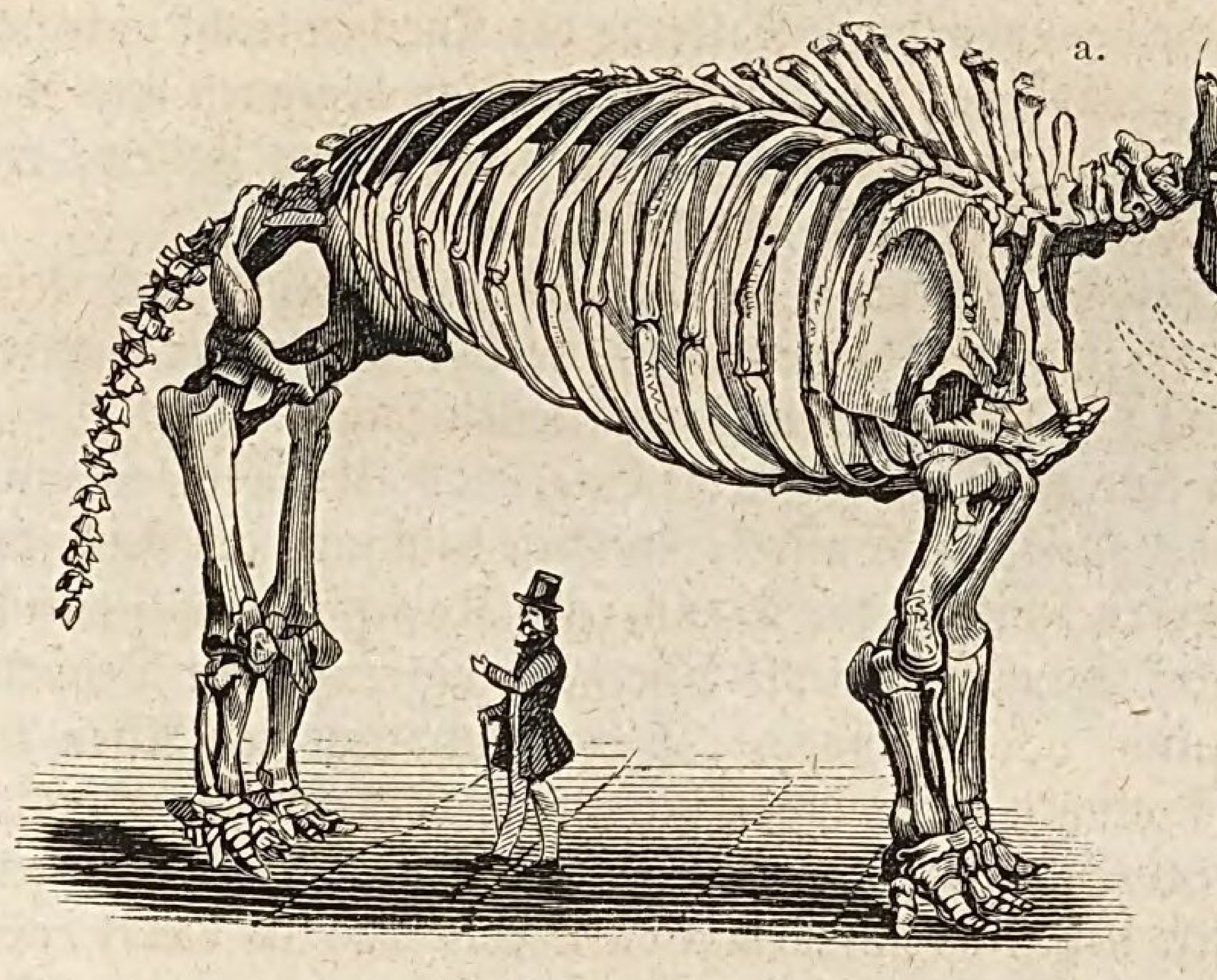




Fig. 236. a. Das Mastodon. b. Ein Zahn des Mastodon.

In Bezug auf die Eigenthümlichkeiten der Gesteine, die Lagerung und die Stoffzusammensetzung findet bei keiner Formation ein Vorzug statt; sie sind alle gleich. Sie enthalten sämmtlich feste und lockere Massen in wagerecht gebliebener und senkrecht aufgestellter Lagerung. Alle haben Sand, Thon, Kalk, Kohle, Salz, Gyps, Erze aller Art aufzuweisen, und gerade die Tertiärformation ist an Kohle, Salz und den manchfaltigsten Erzen so reich als irgend jede andere. Einer jeden Formation stehen eruptive Gesteine und metamorphosirte Massen zu; wir werden erfahren, daß auch die Tertiärformation solche aufweisen im Stande ist.

Nur allein durch die in den Schichten eingeschlossenen Thier- und Pflanzenreste sind die Formationen unterschieden; wir wollen deshalb auch hier wieder einen kurzen Abriß der Fauna und Flora vorausschicken.

a. Thiere.

Wie wir erfahren, sind die ersten Spuren von Säugethieren schon im Anfange der mesozoischen Zeit aufgefunden worden; es ist nicht wahrscheinlich, daß während dieser ganzen langen Periode, welche nach der Mächtigkeit ihrer Schichten und Korallenbänke Jahrmillionen umfassen muß, nur wenige Säugethiere auf den weit ausgedehnten Kontinenten lebten; es ist viel wahrscheinlicher, daß wir die Reste dieser Thiere noch nicht aufgefunden haben, weil wir die damaligen Landbildungen noch nicht kennen. In der Tertiärformation, oder was wir jetzt so nennen, sind die Landbildungen durch Flußanschwemmungen häufiger, deshalb fanden wir mehr Knochen und Leichen von Landbewohnern. In den Sandsteinen dieser Formation sind aber auch diese Spuren selten, und wenn die Sandsteine kieselsaure Alkalien in der Form von Feldspath enthalten, nur in Hohlabdrücken undeutlich erhalten, weil diese Alkalien die phosphorsaure Kalkerde der Knochen leicht zerlegten und fortführten. In den Meeresabsätzen der Tertiärformation begegnen uns eben so selten Landthierreste als in den gleichen Ablagerungen der ältern Zeiten; wir finden darin aber auch Reste von Fischen und Reptilien.

Vom **Menschen** ist sowol im Tertiär= als im Quartärgesteine noch keine Spur; wir entdecken solche erst in den Ablagerungen, welche sich in der Jetztzeit noch fortentwickeln, welche also den känozoischen Formationen folgen.

Affen oder Vierhänder sind im Tertiärgesteine Englands (Macacus escenus unter 52⁰ nördlicher Breite bei Kyson in Suffolk), in Griechenland, am Fuße des Pentelikon bei Athen, mit andern Formen der Tertiärzeit (Mesopithecus pentelicus), endlich in Frankreich bei Sansans im die Pyrenäen begrenzenden Departement Gers (Pithecus antiquus) vorgekommen. Diese sämmtlich den Affen der alten Welt mit 32 Zähnen ähnlichen Reste lagen mitten im Gestein. In Spalten und Höhlen finden sich noch bei Gibraltar, in Afrika, Asien und Amerika Affenreste, welche vielleicht der Zeit der Quartärformation angehören; es bleibt dabei nur bemerkenswerth, daß die amerikanischen schon wie die der heutigen neuen Welt 36 Zähne besaßen.

Fledermäuse (Vespertilio parisiensis), den heute lebenden sehr nahe stehend, fanden sich bei Paris, Weißenau, Oeningen im Tertiärgesteine.

Fleischfressende **Raubthiere**, als Löwen von großem Körperbau (in Höhlen der fränkischen Juragesteine), kleinere Katzen (Felis pardoides bei Paris), Hunde oder Füchse und Wölfe (Canis parisiensis und Canis giganteus) gingen schon in der Tertiärzeit auf Raub aus.

Beutelthiere, von denen wir schon mesozoische Spuren kennen, die jetzt aber fast nur Australien und der südlichen Halbkugel angehören, sind als Didelphus Cuvieri im Tertiärgypse von Paris gefunden worden. In den australischen Tertiärgesteinen kommen Knochen vieler ausgestorbenen Beutelthierarten vor, von denen das Diprotodon die Größe eines Rhinoceros erlangte und Backzähne von der Form wie das ehemals in Europa lebende Dinotherium hatte.

Von **Nagethieren**, als: Mäusen, Hasen, Hamstern, Murmelthieren, Siebenschläfern, Eichhörnchen und Bibern, kommen Zähne und Skeletttheile im Tertiärgesteine nicht selten vor; sie sind zum Theil noch lebenden sehr ähnlich, aber auch hier zeigt es sich wieder, daß Amerika schon damals dieselben Thierarten wie heute besaß; denn vom Meerschwein finden sich wol in Brasilien, nicht aber auf der östlichen Halbkugel fossile Reste.

Faulthiere waren in der Tertiärzeit von riesenhafter Größe; sie kommen aber nur in Amerika vor, wo auch jetzt noch einige Faulthierarten heimisch sind. Wir kennen das große Megatherium Cuvieri, dessen im Schlamme der südamerikanischen Pampas aufgefundenes, starkknochiges Skelett wir in sehr verkleinertem Bilde Seite 32 Fig. 129 darstellten. Das Thier war 14 Fuß lang und 8 Fuß hoch, ernährte sich von Pflanzen und lebte im jetzigen Südamerika. Ein vollständiges Skelett steht im Madrider Museum; Fig. 235, S. 155 versucht es, eine Vorstellung seines Aeußern zu geben.



Fig. 237. Mylodon.

Das Mylodon, dessen Knochengerüste in Fig. 237 im kleinen Maßstabe dargestellt ist, war ebenfalls ein Amerika bewohnendes Faulthier. Das gezeichnete Skelett ist das von Mylodon robustum, welches Südamerika eigenthümlich ist, während einige andere Arten auch in Mittelamerika lebten. Man glaubt, daß dieses sich von Pflanzen nährende Thier, auf seine breiten Hinterfüße und seinen Schwanz sich stützend, mit seinen starkbekrallten Vorderfüßen Bäume umbog, um sich an deren Blättern zu sättigen, und bildet es deshalb sehr oft so ab, wie auf unserer Vignette Fig. 237.

Außer diesen beiden Riesenfaulthieren gab es noch mehrere andere Arten. Auch **Gürtelthiere** lebten während der Tertiärzeit schon in Amerika; sie waren ebenfalls riesengroß im Vergleich zu den jetzigen. Man fand von dem mit sechseckigen Tafelschuppen bedeckten Hopolophorus Reste, welche auf ein 10 Fuß langes Thier schließen lassen. Das Glyptodon clavipes erlangte die Größe des Rhinoceros, das Taxodon platensis die eines Pferdes. In Europa fand sich bei Eppelsheim in Rheinhessen der Rest eines Schuppenthieres, Manis gigantea, dessen Größe auf 24 Fuß geschätzt wurde; es ist den im heißen Afrika und Asien jetzt lebenden kleinern Schuppenthieren sehr ähnlich.

Unter den rüsseltragenden **Dickhäutern** sind einige ausgestorbene Arten bemerkenswerth, welche an Größe unsern Elephanten nichts nachgeben.

Das Mastodon dessen Knochengerüste und Kauzahn wir in Fig. 236 S. 157 abbildeten, hat den Bau eines großen Elephanten, schwache Hinterbeine

und starken Vorderkörper mit kurzem Halse und einen Nasenknochen woran ein Rüssel gesessen haben muß. Die Stoßzähne waren wol nach unten gekrümmt, die Backzähne weichen gänzlich von denen der jetzt lebenden Elephanten und von denen der Quartärformation ab. Sie sind nach Fig. 236 b im Bau den Schweinezähnen ähnlich, jedoch viel größer, mit zitzenförmigen Erhöhungen versehen, woher der Name Mastodon oder Zitzenzahn.

In Europa fanden sich Reste von Mastodon angustidens und longirostris, deren Höhe auf 11 Fuß und deren Länge auf 18 Fuß berechnet wird. Zähne liegen überall in den Süßwassergebilden der europäischen Tertiärformation.

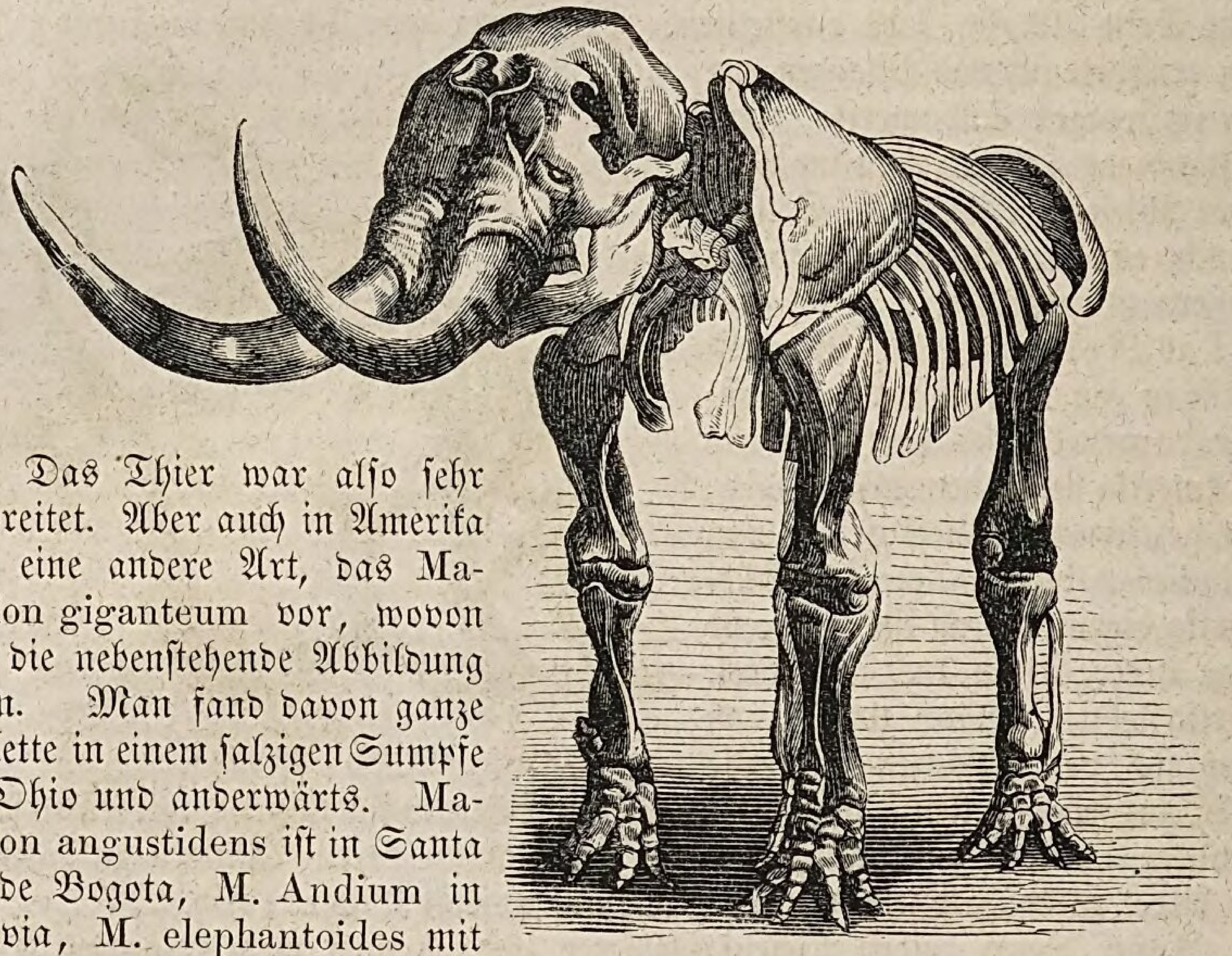


Fig. 238. Mastodon giganteum.

Das Thier war also sehr verbreitet. Aber auch in Amerika kam eine andere Art, das Mastodon giganteum vor, wovon wir die nebenstehende Abbildung geben. Man fand davon ganze Skelette in einem salzigen Sumpfe am Ohio und anderwärts. Mastodon angustidens ist in Santa Fé de Bogota, M. Andium in Bolivia, M. elephantoides mit elephantenartigen Kauzähnen am Irawaddi in Asien und M. australis in Australien aufgefunden worden, so daß dieses Thier also für die Tertiärformation sehr bezeichnend ist.

Das Dinotherium (das schreckenerregende Thier), dessen Kopf wir in Fig. 239 darstellen, ward zuerst im Tertiärsand von Eppelsheim (Rheinhessen) gefunden. Seine Kauzähne sind denen des Mastodon ähnlich. Sein Nasenknochen, dem das Nasenbein fehlt, läßt einen langen Rüssel vermuthen; in seinen Unterkiefern trägt es zwei starke, nach unten gekrümmte Zähne, was bei keinem andern Thiere vorkommt. In neuester Zeit wurde in Böhmen ein ganzes Skelett gefunden, aus welchem hervorgeht, daß dieses Thier ein Landthier war und nicht zu den Seekühen gehört. Seine Reste kommen an vielen Orten mit denen von Mastodon, Rhinoceros und Pferd vor, woraus sich schon schließen läßt, daß es ein

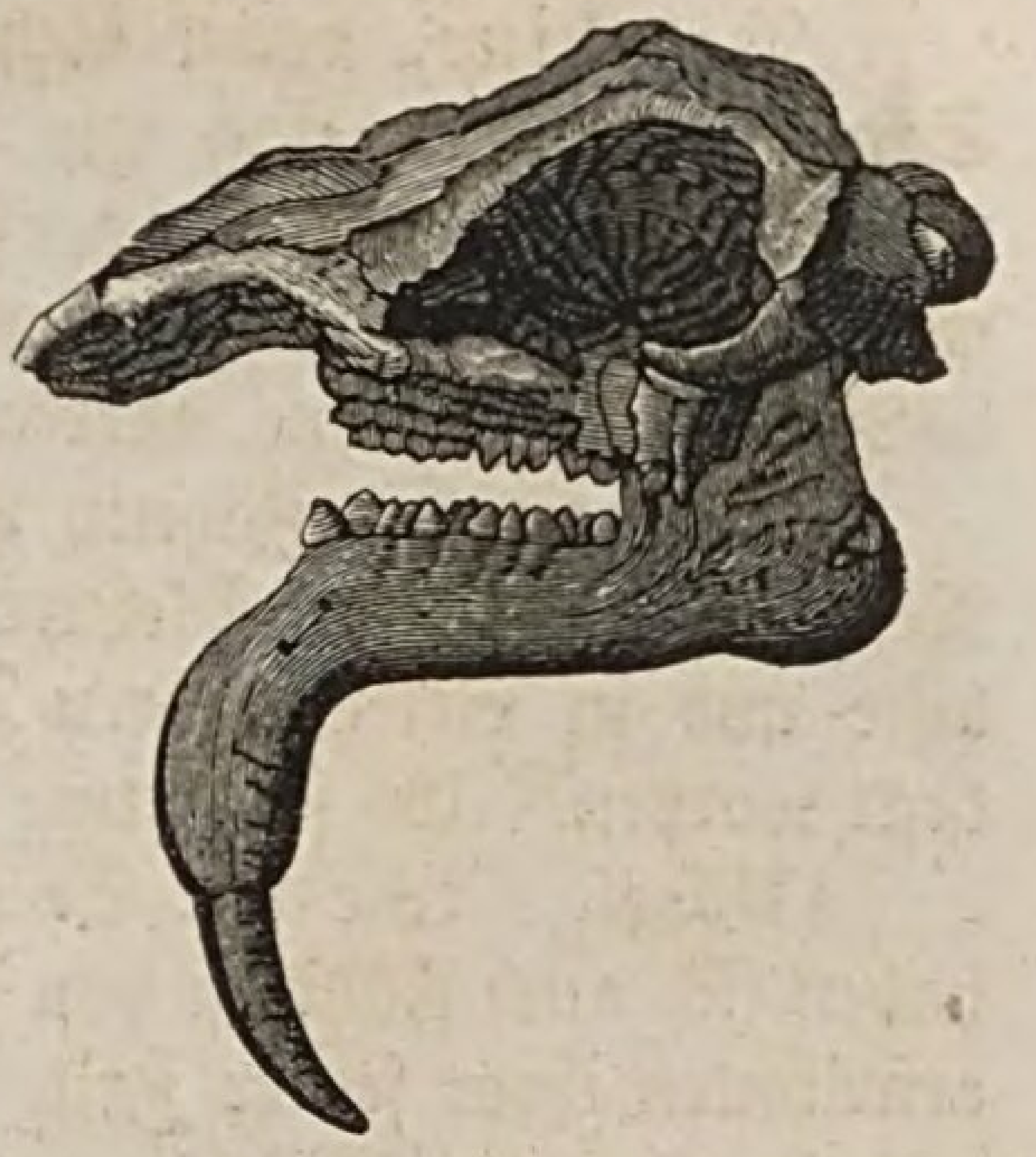
Landbewohner sein mochte. Auch in Indien sind Reste eines von dem europäischen verschiedenen Dinotheriums gefunden worden. Sowol Mastodon als Dinotherium mögen Wurzeln gefressen haben; sie sind dem Nilpferde zu vergleichen. Ihre langen Stoßzähne gebrauchten sie wol zum Ausgraben derselben. Auf Abbildung 235 S. 153 sind beide Thiere, mit ihrem muthmaßlichen Felle überzogen, zu geben versucht.

Reste von Rhinoceros mit einem Horne finden sich häufig mit den vorher genannten Thieren zusammen; man hat zwei Arten unterschieden, von denen R. incisivus die verbreitetste ist.

Tapirusarten sind ebenfalls, wiewol seltener, in den deutschen und französischen Tertiärschichten entdeckt worden; nach den Zähnen unterschied man Lophiodon von Tapirus.

Das Schwein war daneben durch mehrere von den jetzigen abweichenden Arten vertreten; man gab ihm zum Unterschiede den Namen Schweinthier oder Hyotherium.

Einige untergegangene Dickhäuter verdienen noch Erwähnung, weil sie das Tertiärgestein besonders kennzeichnen. Das Palaeotherium (Altthier) hat 6 Paar meißelförmige Schneidezähne, wie der Tapir, aber 7 Paar Backenzähne von der Form der Rhinoceroszähne. Das Palaeotherium magnum hatte die Größe eines Pferdes, das P. medium war 3 Fuß hoch und hatte schlanke Beine, das P. minus war kleiner wie ein Reh und das P. minimum so groß wie ein Hase. In Amerika sind Arten aufgefunden worden, welche mit den Kameelen an Größe wetteifern.


Fig. 239. Dinotherium giganteum.

Anaplotherium und Anthracotherium haben ganz ähnliche Zähne wie Palaeotherium, doch sind ihre Schneidezähne von den Kauzähnen nicht entfernt, sondern bilden sammt den Eckzähnen eine geschlossene Reihe. Man hat Zähne und Knochen gefunden, welche auf verschiedene große Arten schließen lassen. Die einen erreichen den Umfang eines Rhinoceros, die andern den einer Ziege und gar nur eines Hamsters.

Pferde gab es in der Tertiärzeit; man hat das zierliche Hippotherium gracile in Europa und das große Elasmotherium in Sibirien gefunden.

Von **Wiederkäuern** wurden Ochsen im Tertiärgestein noch nicht entdeckt; dagegen hält man die Reste, welche man Palaeomerix nennt, und welche vielfach in den deutschen und asiatischen Tertiärsand- und Kalksteinen vorkommen, für Hirschen zugehörig. Geweihe kamen noch nicht vor. Vielleicht waren es Moschusthiere, und wirklich sind einige Skelette von dem eigentlichen Moschusthier, aus Braunkohlenlagern entnommen, untersucht worden. Auch einige den Giraffen verwandte Thierarten wurden im Tertiärgesteine Südfrankreichs und am Himalaya entdeckt.

Von den im Meere lebenden Säugethieren sind zu erwähnen Robben oder Phoca, welche die marinen Tertiärbildungen von Wien und Osnabrück bezeichnen; Cetaceen oder Walthiere und Delphine aus den verschiedensten andern Meeresniederschlägen dieser Zeit. Eine ausgestorbene Art von etwa 8 Fuß Länge, deren Zahnbildung an das Nilpferd erinnert, ist bei Alzei in Rheinhessen, in der schweizer Molasse und in Frankreich sehr häufig. Der Körper hat Fischform und trägt an der Brust zwei Flossenfüße. Kaup nannte sie Halianassa, die Seekönigin. Eine andere ebenfalls vergangene Art ward nach der Jochform ihrer Zähne Zeuglodon genannt. Sie kommt in Europa und Amerika vor; namentlich fanden sich in Alabama über 60 Fuß lange Skelette. Das Zeuglodon ctenoides hat, nachdem A. Koch irrthümlicherweise mehrere Thiere der Art zu einem einzigen verschmolzen und daraus ein 114 Fuß langes Skelett zusammengesetzt hatte, unter dem Namen Hydrarchos eine Zeit lang für ein urweltliches Riesenthier, die Meerschlange, gegolten. Allerdings erreicht das Zeuglodon immer noch die Größe eines Wals; es trägt aber keinen Schlangenhals; der Hydrarchos ist durch die strenge Kritik der anatomischen Wissenschaft unter die Zahl der Fabelthiere versetzt worden.

Delphine, deren Schädel das Spritzloch noch zeigen, und deren lange Schnauze Zähne besaß wie diejenige des jetzigen, beschrieb H. v. Meyer unter dem Namen Arionius aus der schwäbischen Molasse. Ein untergegangenes Geschlecht, welches von Cuvier den Namen Ziphius bekam, steht dem Narwal nahe. Der Ziphius hatte keine Stoßzähne, aber auch keine Fangzähne; er ward etwa 12 Fuß lang.

Von dem mit Zähnen bewaffneten Pottwal fand man noch keine deutlichen Reste, dagegen sind Skeletttheile vom Walfische (Balaena) in der schweizer Molasse und in vielen andern Tertiärbildungen Deutschlands und Frankreichs entdeckt worden. Es sind etwa 4 Arten bekannt.

Vögel. Wie wir Spuren von Säugethieren im Mesozoischen fanden, so haben sich auch Fährten von Vögeln aus dem paläozoischen Gesteine erhalten; wir erwähnten ihrer seiner Zeit. Im Tertiärgesteine endlich sind auch Federn, Eier und Knochen von Vögeln vorgekommen, jedoch stehen die Funde so vereinzelt, daß man sie selbst in dieser Uebersicht sämmtlich namhaft machen könnte. Es ist dies aufs Neue ein Beweis, wie leicht sich solche Dinge verwischen, und daß es nicht Wunder nehmen darf, wenn wir sie im ältern Gesteine noch nicht fanden.

Aus den ältesten, unmittelbar auf die Kreide gelagerten Tertiärgesteinen sind bekannt gewordene Reste von kleinen Geiern, von Seeadlern, Eulen, Sperlingen, einigen Singvögeln, von einer Wachtel, vom Pelikan und dem Seeraben; in mittlern und jüngern Schichten kamen Reste vom Rebhuhn, Schnepfe, Storch, Wasserhuhn und Taucher vor. Diese Reste bestehen meistentheils in einzelnen Knochenstücken. Federn und Eier sind in Abdrücken vorgekommen.

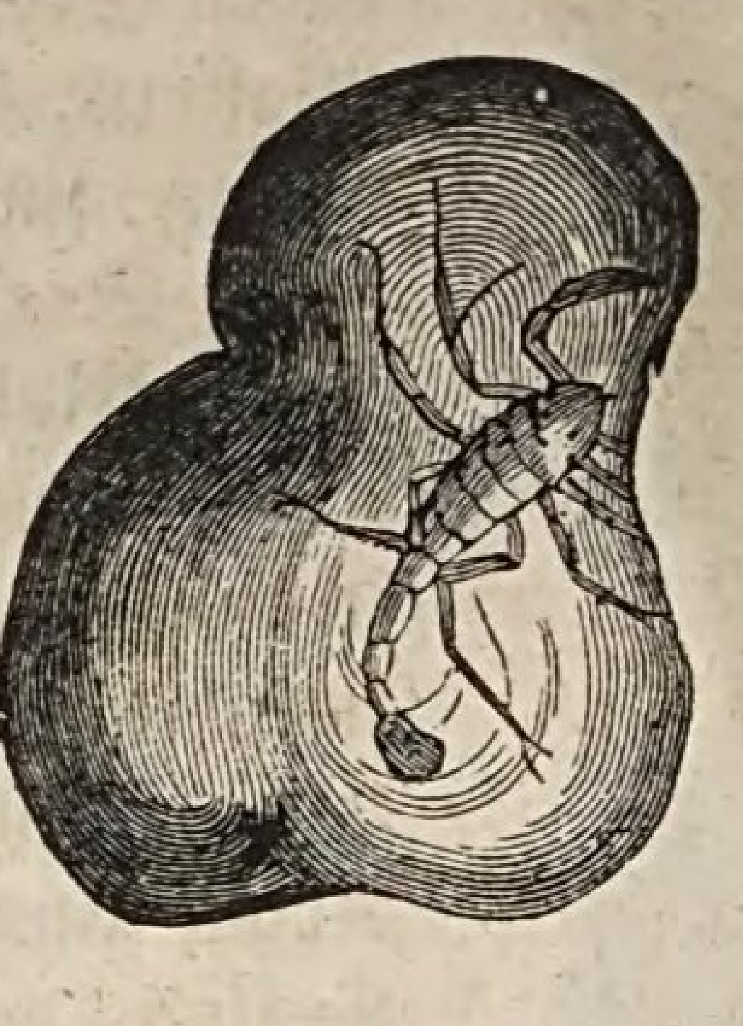
Die **Amphibien** der Tertiärperiode ähneln sehr denen der Jetztzeit und lassen sich deren Familien unterordnen; sie gehören aber meistens ausgestorbenen Arten an. Auffallenderweise entsprechen die in Deutschland aufgefundenen mehrfach solchen, deren Verwandtschaft jetzt in Ostindien und Japan lebt.

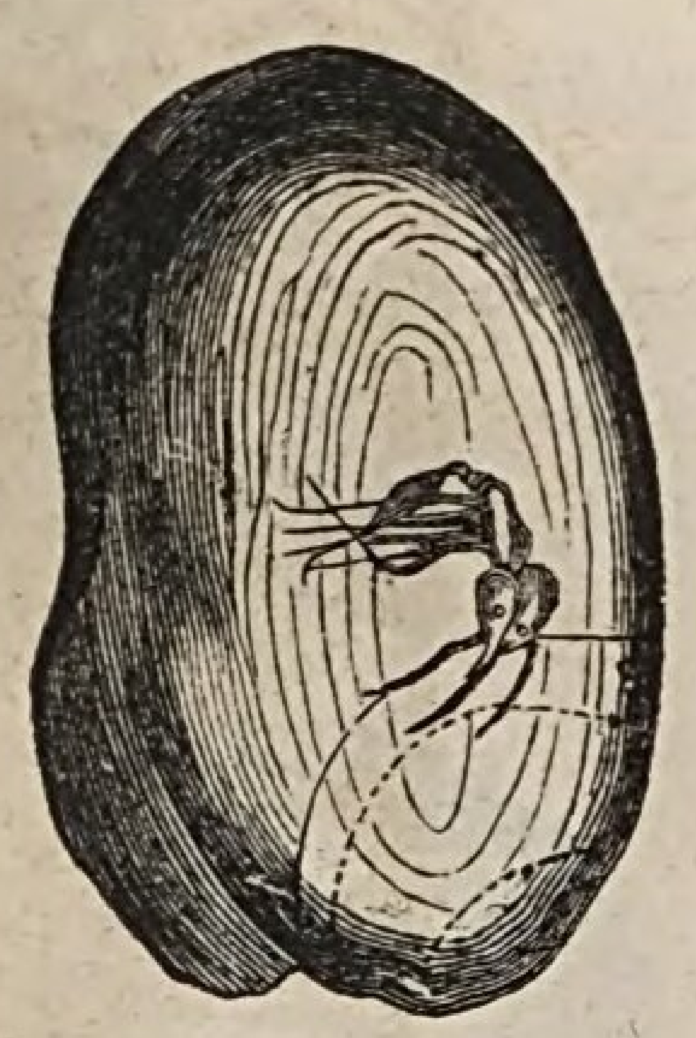
Land- und Fluß-Schildkröten finden sich sowol in der europäischen als in der asiatischen Tertiärformation. In Schwaben, am Rheine und in Frankreich sind Reste von Testudo mit Flußschildkröten, als Palaeochelys, Emys und Trichonia, vorgekommen. In Ostindien hat sich eine Riesenschildkröte gefunden, welche fast die Größe eines Rhinoceros hat und den Namen Colossochelys Atlas erhielt. Seeschildkröten, Chelonia, kamen in Meeresbildungen von London, Südfrankreich und der Schweiz vor.

Krokodilzähne und Knochen in den Tertiärthonen beweisen, daß damals unsere Flüsse noch kein Wintereis kannten. Crocodilus communis, welcher im südeuropäischen, im pariser und englischen Tertiärgestein nicht seltene Spuren hinterließ, ward nur 10—15 Fuß lang, blieb also etwa halb so groß als das jetzt lebende Nilkrokodil. Crocodilus Spenceri aus der ältesten Abtheilung der Londoner Tertiärformation ist breitschnauzig wie ein heutiges Tages auf Borneo lebendes Krokodil; der C. Parisiensis war ein Alligator.

Schlangen sind sowol in den ältern als jüngern Tertiärgesteinen Englands und Deutschlands vorgefunden worden, in ganzen Skeletten zu Oehningen, in einzelnen Wirbeltheilen anderwärts; auch Schlangeneier kennt man.

Lurche, namentlich Frösche und Kröten, Palaeobatrachos, Rana, Palaeophrynos, Bombinator, Latonia sind nicht selten, gehören aber sämmtlich ausgestorbenen Arten an. An den wohlerhalten gebliebenen Skeletten der Larven und ausgewachsenen Frösche von Markersdorf in Böhmen konnte Hermann von Meyer die allmälige Entwicklung des Knochenbaues dieser Geschöpfe studiren. Salamander- und Tritonarten, also geschwänzte Lurche, sind ebenfalls nicht selten; am berühmtesten darunter ist der lange Zeit für einen versteinerten Menschen gehaltene Riesensalamander (Salamandra gigantea) aus dem Oehninger Schiefer, der mit der Fische verzehrenden japanischen Salamandra maxima der Jetztzeit nahe übereinkommt.


Fig. 240. Ameise.


Fig. 241. Skorpion.

Die **Fische** der Tertiärperiode sind ebenfalls in bemerkenswerther Weise von denen der früheren Perioden verschieden.

Haie, als große Carcharias-, Lamna- und Oxyrhina-Arten, Rochen, als Aetobatis, Myliobatis und Zygobatis, sowie auch Chimären raubten damals in den Meeren; wir finden ihre Zähne und Rückenwirbel in den europäischen Tertiärgesteinen an manchen Orten in unglaublicher Menge. Vom homocirken Ganoidfische Lepidotus, welcher in der Jura- und Kreideformation so häufig ist, kommen nur noch sehr vereinzelte Reste vor; dagegen nehmen die Grätenfische, welche sich jetzt so häufig im Meere und in den Flüssen finden, sehr zu. Karpfenarten, als:

Leuciscus, Cyprinus, Aspius, Tinca, Cobitis, Cyclurus, scharfzähnige Lebias, Hechte, Lachse, Heringe, Schollen (oder Pleuronectiten), Makrelen, Barsche, Brassen, nebst einigen ausgestorbenen Fischfamilien, wurden in vielen Arten und in großer Menge in den schlechtern thonreichern Braunkohlen, im Thon, Kalk und Sand oft sehr vollständig erhalten vorgefunden.

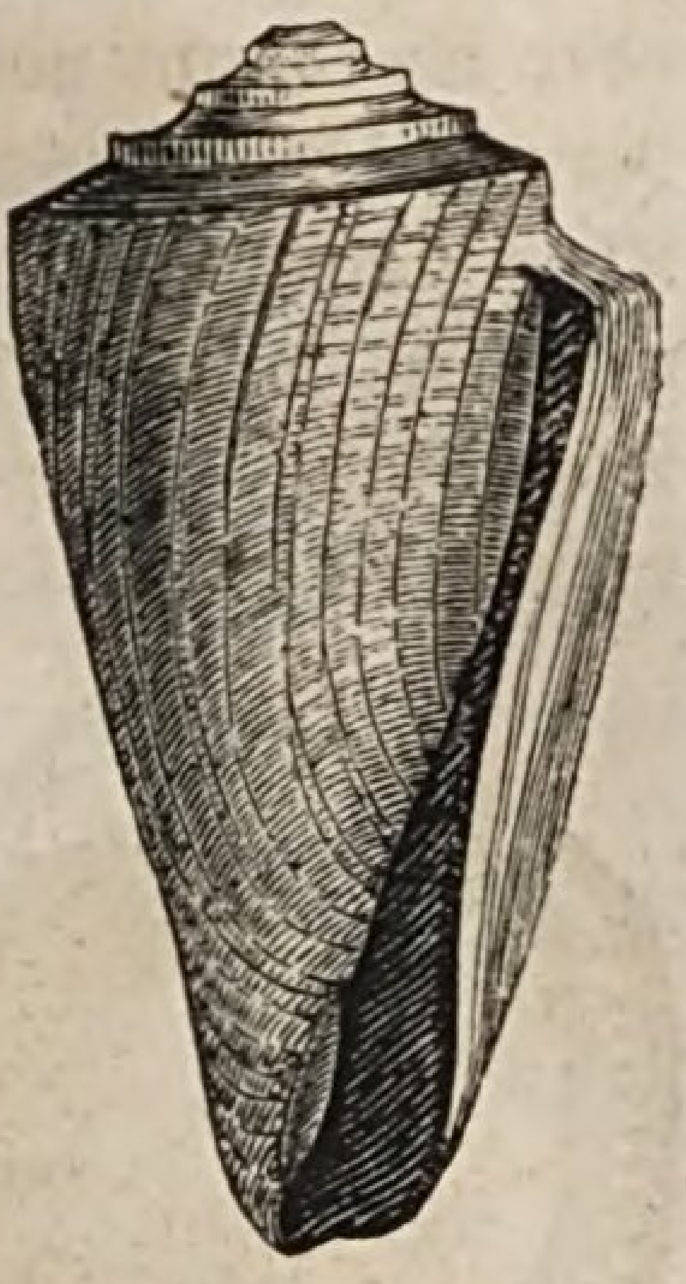

Fig. 242. Cerithium giganteum.

Gliederthiere. Geflügelte und ungeflügelte Insekten aller Art liegen im Gestein, in den Braunkohlen, im Bernsteine Schmetterlinge und Käfer öfters noch mit den Farbenzeichnungen ihrer Flügel vor; wir finden die von ihren Larven abgenagten Blätter und durchbohrten Holzstämme. Aus dem Bernsteine, welcher so reich an wohl erhaltenen Insekten ist, sind die beiden umstehenden Abbildungen entnommen. Fig. 240 stellt eine Ameise, Fig. 241 einen kleinen Skorpion in natürlicher Größe vor. Krebse des süßen und salzigen Wassers, Schalenkrebse und Balanen, oder Meereicheln, sind für manche Schichten sehr bezeichnend. Auch Serpul-Arten fehlen nicht.

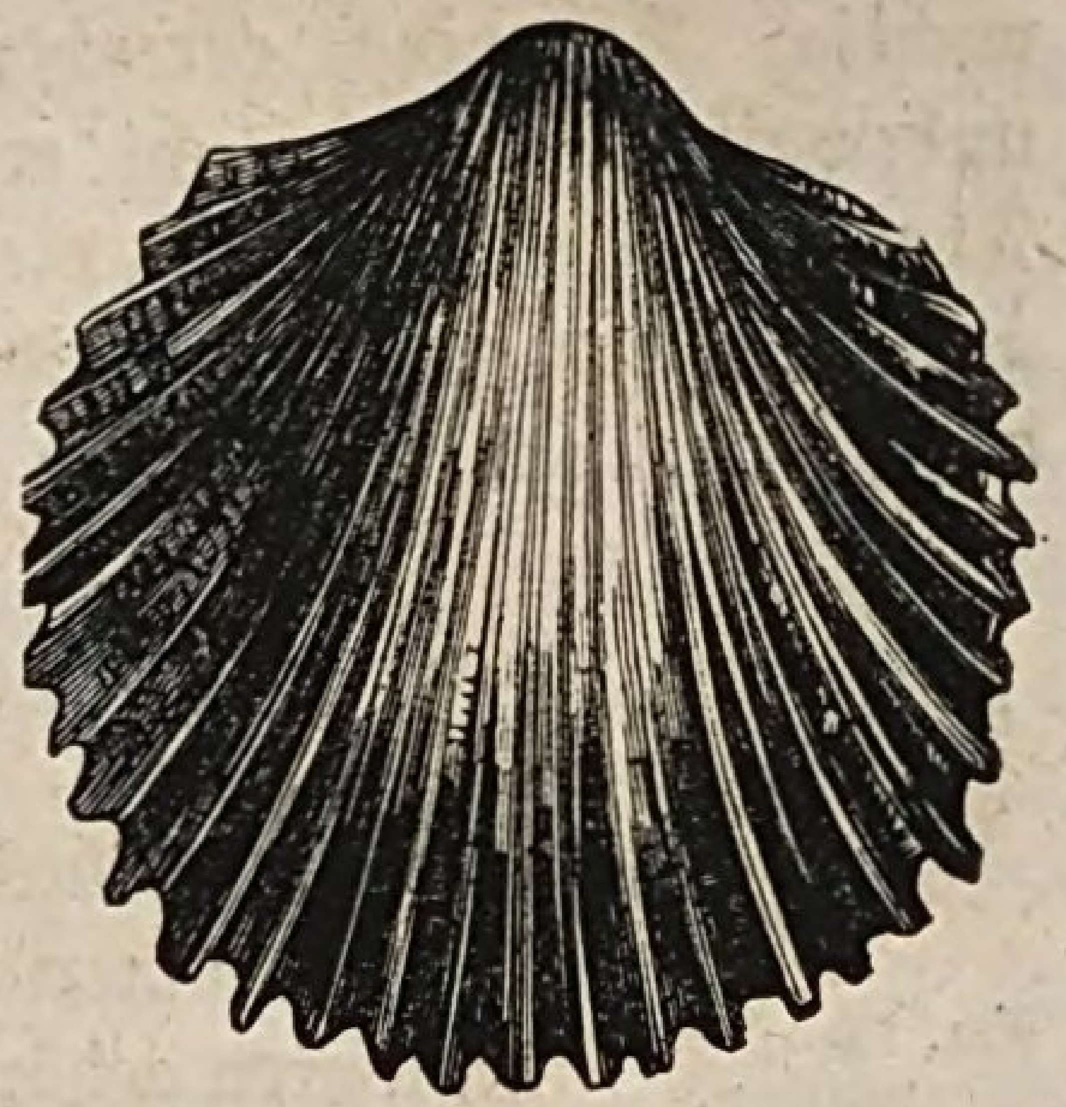
Mollusken. Die Schnecken der Meere und Flüsse, welche sich vermischt mit Landschneckenschalen in der Tertiärformation finden, stehen mitten inne zwischen denen der Kreideformation und der Jetztzeit. Je jünger die Ablagerungen sind, desto mehr Arten stimmen mit den heutigen überein; je älter sie sind, desto mehr mit denen der Kreide. Nach diesem Verhältnisse haben die Geologen das Tertiärgestein in mehrere Gruppen zerlegt. Sie nannten die älteste Abtheilung Eocen, die mittlere Miocen, die jüngste Pliocen, um anzudeuten, daß das Morgenroth der heutigen Fauna in dieser Formation allmälig sich entwickelt.

Die Cephalopoden haben in der Tertiärzeit keine Bedeutung mehr; es kommen nur einige Nautilusarten vor, deren nächstverwandte zuerst im weißen Jura auftauchen. Weder Ammoniten noch Belemniten finden sich vor, dagegen einige an die letztern erinnernde Formen, die Beloptera und Spirulirostra, kurze geflügelte Belemnitenscheiden mit einer Alveole. Nackte Cephalopoden haben keine Spuren hinterlassen; wahrscheinlich vertraten sie aber schon die Stelle der ausgestorbenen Gehäuse bewohnenden.

Pteropoden, diese Hochseethiere, welche wir schon in den Silur- und Devonschichten kennen lernten, sind auch als Hylea und Vaginella in der Tertiärformation vertreten.


Fig. 243 Conus deperditus.

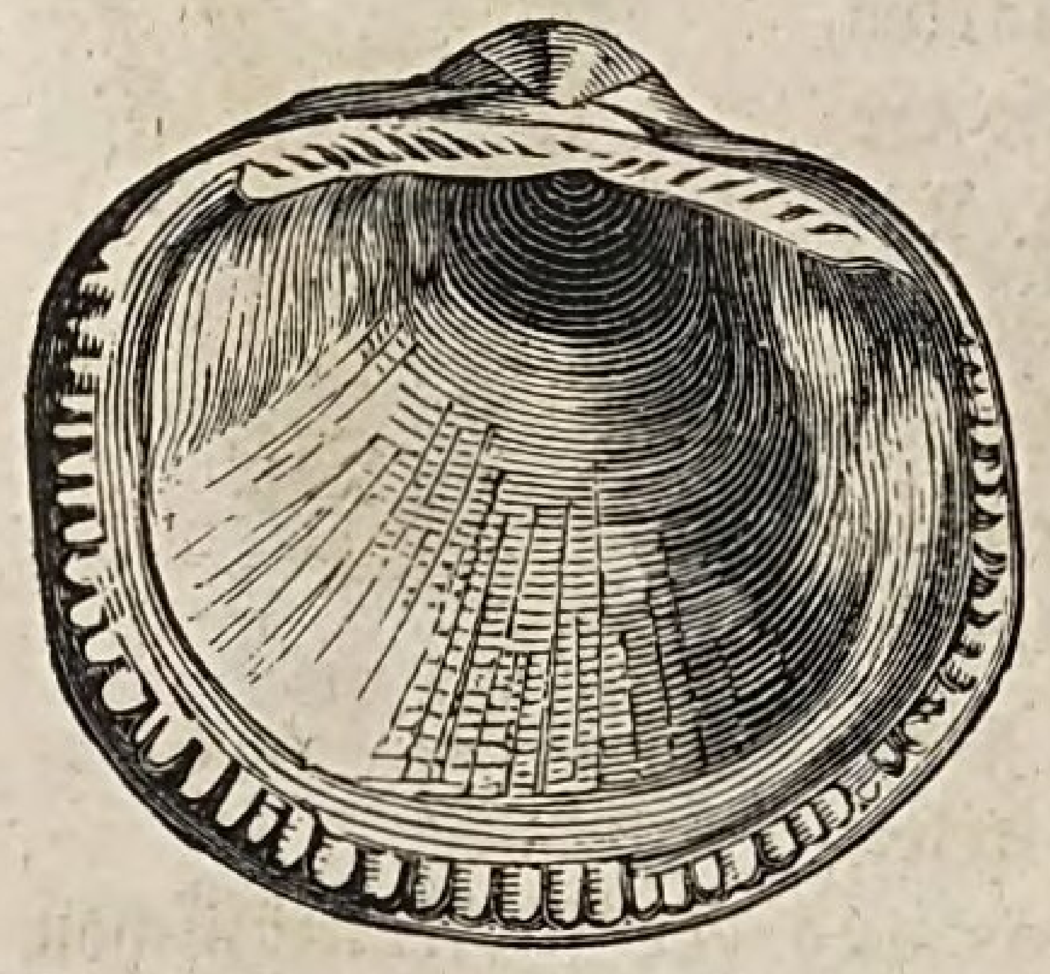
Die Anzahl der Gasteropoden oder Schnecken ist sehr bedeutend. Die auf dem Lande und im Süßwasser lebenden Lungenschnecken kommen unsern Fluß- und Gartenschnecken sehr nahe; es ist bemerkenswerth, daß in deutschen Gebirgsarten solche vorkommen, welche an die Formen Südeuropa's und Nordamerika's erinnern. Paludinen und Melanien, Ampullarien, Neritinen, Naticeen, Trochusarten, Scalarien, Turritellen, Cerithien kommen in vielen Arten vor. Die Cerithien sind reich verziert und öfters, wie das in Fig. 242 dargestellte, beinahe einen Fuß lange Cerithium giganteum, sehr groß. Sie kommen als Meer-, Brack- und Süßwasserbewohner vor, Cerithium magaritaceum und C. plicatum besonders häufig in der mitteldeutschen Tertiärformation. Rostellarien, Fusus, Pyrula, Pleurotoma, Murex, Cassis, Buccinum, Mitra und Voluta sind sehr häufig und artenreich. Conus, wovon die Fig. 243 den C. deperditus aus der südfranzösischen Tertiärformation darstellt, erinnern an die großen Formen südlicher Meere. Aufgerollte Cypräen, Marginellen und Olivaceen, Haliotiden und Bulla-Arten, welche in ältern Formationen noch selten oder gar nicht vorkommen, stellen sich ein; auch Dentalien, die wir schon aus dem Silurgesteine kennen, sind vorhanden. Die Brachiopoden beschränken sich dagegen auf einen geringen Umfang. Es kommen nur wenige Terebratula-, Crania- und Thecidea-Arten vor.


Fig. 244. Cardium porulosum.

Die Anzahl der Conchiferen behält wie in den ältern Formationen ihre Größen; einige derselben erinnern an die der Devonformation (Solen); viele stimmen mit denen der Kreideformation, andere mit denen der heutigen Meere überein, während eine große Anzahl der Formation eigenthümlich ist. Austern, Pecten, Perna, Mytilus, Tichogonia, Arca, Nucula, Cyrena, Cyclas, Unio, Cardium, Astarten und Venusmuscheln (Cytherea), Lucinen, Telliniten und viele andere bilden, zum Theil noch in ihrer ursprünglichen Lage an den Boden fest gewachsen, oder im Sand und Thon steckend, ganze Gebirgslager.

Das in Fig. 244 dargestellte Cardium porulosum mit stark hervortretenden Rippen, deren oberster Rücken aus durchbohrten Blättchen besteht, ist eine in der englischen Tertiärformation häufige Muschel, während Pectunculus pulvinatus, Fig. 245, eine Arcacee mit gezähneltem Schlosse und gezacktem Rande, sehr oft in allen mittleren Lagen der Tertiärformation Europa's vorkommt.

Reste von **Strahlthieren** sind unter allen aus der Tertiärformation am wenigsten bekannt, wahrscheinlich weil diejenigen Abtheilungen der Gesteine, in denen sie am zahlreichsten vorzukommen pflegen, noch jetzt unter Meeresbedeckung liegen oder überhaupt noch nicht aufgefunden wurden. Vielleicht gehören die unter dem Namen Dactylopora aus der Pariser Tertiärformation bekannten röhrenförmigen Körper einem nackten Strahlthiere (einer Holothurie) zu; es bleibt dies immer ungewiß, weil nicht mit festen Theilen versehene Thiere selten deutlich bestimmbare Abdrücke im Gesteine zurücklassen. Desto besser erhielten sich die Seeigel. Es sind regulär-symmetrische und symmetrische Echiniten, namentlich Clypeaster, Lenita, Scutella, Spatangus, zum Theil noch lebenden sehr ähnlich. Seesterne und Haarsterne haben wir dagegen aus dieser Formation noch nicht kennen gelernt.


Fig. 245. Pectunculus pulvinatus.

Unter den Korallen sind Celleporen welche sich als feiner Ueberzug auf Muschelschalen ansiedeln, Lunuliten, kleine etwas eingebogene runde Scheiben, welche aus feinen Röhrchen bestehen, und kreiselförmige Turbinolien die gewöhnlichern. Riffbauende Korallen sind aus dieser Zeit noch nicht bekannt geworden.

Die Foraminiferen haben eine ungemeine Verbreitung in allen Meeresablagerungen der Tertiärzeit, und da sich in jeder Schicht ihr ausschließlich zugehörige Arten finden, so sind sie für die Altersbestimmungen der Tertiärgesteine sehr wichtig. Allerdings erreichen sie nur selten eine solche Größe, welche sie für das unbewaffnete Auge leicht erkennbar macht; aber wer sich die Mühe nimmt, die Thone zu schlämmen, um diese kleinsten Formen unter einem guten Vergrößerungsglase aus dem zurückbleibenden Sande auszulesen, der wird reichlich belohnt durch das Vergnügen, welches die Schönheit der mikroskopischen Thierwelt erweckt.


Fig. 246. Nummulina.

Man hat einkammerige, wie Orbulina, einem kleinen Flaschenkürbis ähnlich geformt; reihenkammerige, Nodosaria, Dentalina, Orthocerina, Frondicularia, welche zum Theil an Orthoceratiten erinnern, schneckenkammerige, schnittkammerige, wechselkammerige und knäuelkammerige unterschieden. Zu den schneckenkammerigen Foraminiferen gehören die Nummuliten oder Phaciten, auch Pfennig- oder Linsensteine genannt. Es sind Scheiben oder in der Mitte etwas verdickte linsenförmige, außen glatte, im Innern gekammerte Körper, wie Fig. 246, welche zu Myriaden neben einander liegend bedeutende Bergzüge bilden, oder auch vereinzelt im Thon und Sande stecken. Man kennt von diesem ausgestorbenen Foraminiferengeschlechte viele Arten, welche von $1/2$ Zoll bis $1/4$ Linie im Durchmesser wechseln. Die Rotalinen sind schneckenkammerige Foraminiferen, welche einer kleinen Kreiselschnecke gleichen; die Rotalinen haben Aehnlichkeit mit Ammoniten, für deren Brut sie gehalten wurden, bis man ihren Bau genauer erkannte und sich überzeugte, daß sie zu den Korallen gehören. Unter den wechselkammerigen

zeichnen sich die wie kleine flache Zöpfchen geformten Textularien aus; unter den knäuelkammerigen die Triloculinen und Quinqueloculinen.

Auch Infusorienreste fand Ehrenberg in Tertiärgesteinen vor.

b. Pflanzen.

Wir bemerken in dieser Periode, außer Pilzen, Algen, Conferven, einigen Farnen, Moosen und Flechten, zahlreichen Gräsern, Rohr- und Schilfarten, mehreren Palmen, verschiedenen andern Monokotyledonen und vielen Coniferen, vorzugsweise gehäussamige Dikotyledonen, sogenanntes Laubholz und Kräuter. Jede der drei Hauptabtheilungen der Tertiärformation schließt eigenthümliche Pflanzenversteinerungen ein, ja sogar in einer und derselben lassen sich verschiedene Pflanzenzonen über einander nachweisen, welche die Aufmerksamkeit auf den im Laufe der Jahrtausende stattfindenden Wechsel klimatischer Verhältnisse hinlenken. Es würde zu weit führen, wenn wir auch nur die wichtigsten Pflanzen der Tertiärformation beschreiben wollten; wir können nur im Allgemeinen bemerken, daß sie in ihren ältern Abtheilungen, auch im deutschen Norden noch, vielfach Palmen und zahlreiche immergrüne Laubhölzer neben dem Weinstock, neben Cypressen und Coniferen aufweist; daß aber merkwürdiger Weise darunter manche australische und südamerikanische Form vorkommt. Die jüngere Abtheilung birgt dagegen keine Palmen mehr, wol aber noch Cinnamomum oder Zimmtbaum, Lorbeer, Walnuß, Eichen, Myrten und viele andere Holz- und Straucharten, die ein mildes Klima, wie das Oberitaliens etwa, verlangen und unter denen sich in Europa viele nordamerikanische Formen vorfinden. Endlich nähert sich in der obern Schicht der jüngern Abtheilung die Flora derjenigen unserer Tage und Zone sehr auffallend.

Häufig sind die Pflanzen, obwol zu Braunkohle verwest, noch sehr wohl zu erkennen; mehr noch kommen sie in schönen Abdrücken, verkieselt, in Eisenstein, Kalk, Schwefelkies umgewandelt vor. Es finden sich Samen, Blüten, Blätter, Holz, Wurzeln von vielen Pflanzen so wohl erhalten, daß die genauesten Untersuchungen ihres Baues und Gewebes unter dem Mikroskope vorgenommen werden konnten, wobei man sich überzeugte, daß sie ganz in derselben Weise wie heutiges Tages gebaut und gebildet sind. Der Unterschied zwischen der lebenden und dieser versteinerten Flora ist oft sehr gering; allein nur der Umstand, daß jetzt durch weite Meere getrennten Erdtheilen zugehörende Pflanzenformen neben einander festgewurzelt gefunden werden, läßt Zustände der damaligen Zeit vermuthen, welche von der heutigen abweichen. Die Vertheilung der Festländer war auf der Erdoberfläche in anderer Weise geordnet als heute. Nordamerika stand wahrscheinlich durch ein breites Festland mit Europa im Zusammenhange; das Südmeer reichte bis in das Herz von Deutschland herein; die Alpen, durch den innern Entwicklungsgang der Erdkugel noch nicht in ihre jetzige Höhe gehoben, bestanden als Inselgruppen oder zum Theil kaum den Meeresspiegel erreichende Untiefen. Daher das verhältnißmäßig wärmere Klima unter dem 50. Breitengrade.

Wie die meisten Thierarten der Tertiärperiode, so sind auch die meisten Pflanzenarten derselben vergangen; sie nähern sich nun mehr und mehr den Formen

der Jetztzeit und es ist wol zulässig, sich ein Bild jener Landschaften zu entwerfen Zwischen schlanken Pinien und Cypressen, immergrünem Lorbeer, lederblättrigen Eichen, Walnuß, Ahorn, Feigen, Magnolien, Ulmen, Zimmtbäumen, Sumpfpalmen, rankenden Weinreben, unzähligen Sträuchern und Kräutern, im hohen Schilfrohr der Flußufer bewegten sich das Mastodon, das Dinotherium zwischen andern urweltlichen Gestalten. Indem wir solche Schilderungen auf den letzten Abschnitt dieses Buches verschieben, fügen wir noch eine Uebersicht der bis jetzt aus der Tertiärformation bekannt gewordenen Flora und Fauna bei und gehen dann zur Beschreibung der Gesteine über.

Pflanzen:

Diatomeen	30	Arten
Pilze	37	"
Algen, Moose und Flechten	66	"
Farne und Equiseten	50	"
Gräser und Lilien	43	"
Palmen	22	"
Coniferen, Cypressen, Taxus, Thuja, Tannen, Pinien	85	"
Gehäussamige Dikotyledonen, aus 36 Familien . .	414	"
	747	Arten.

Thiere:

Foraminiferen	700	Arten
Korallen . .	470	"
Seeigel . .	40	"
Brachiopoden	12	"
Conchiferen .	8	"
Gasteropoden	2400	"
Pteropoden .	3	"
Cephalopoden	2900	"
Gliederthiere .	750	"
Fische . . .	320	"
Amphibien .	80	"
Vögel . . .	60	"
Säugethiere .	140	"
	7883	Arten.

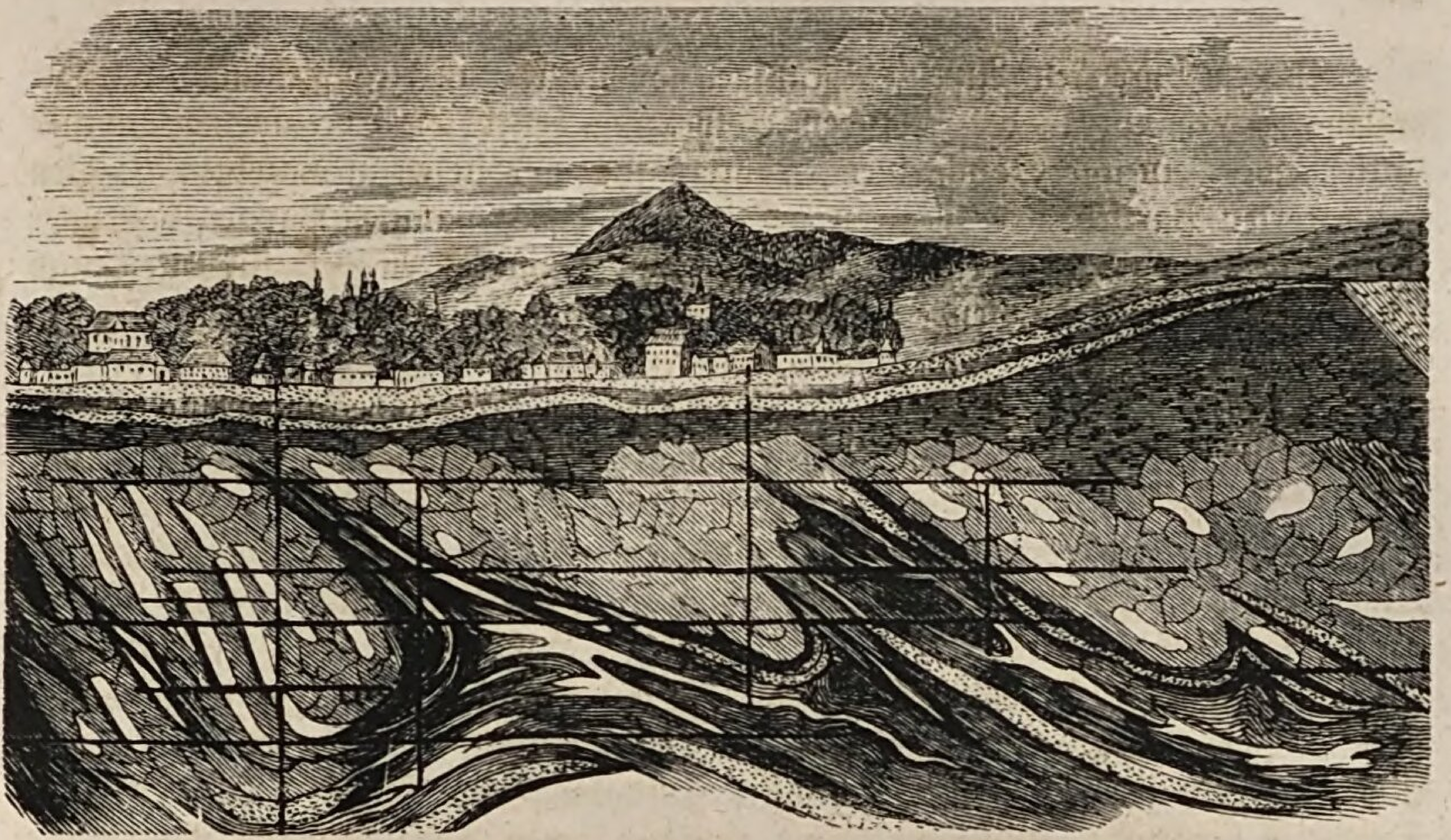


Fig. 247. Durchschnitt des miocenen Steinsalzlagers bei Wieliczka.
Das tiefste, dunkel geflammte ist das Steinsalz, worin Gyps, Thon und Braunkohlen liegen; darüber ist Thon mit Grünsalz in Knollen, endlich folgen Gyps- und Mergellager.

1. Sedimentäre Gesteine der Tertiärformation.

Auch hier können mit Bestimmtheit Meeresbildungen von denen des Süßwassers und des Festlandes unterschieden werden. Beide sind an Sand, Sandstein, Quarzit, Thon, Schieferthon, Thonschiefer, vulkanischen Tuffen, Kalk, Dolomit und Gyps reich; während sich die ersteren durch mächtige Steinsalzlager auszeichnen, umschließen die andern belangreiche Braunkohlen- und Eisensteinflötze.

a. Meeresbildungen.

Die älteste unmittelbar auf die Kreide folgende tertiäre Meeresbildung ist auf der östlichen Halbkugel sehr entwickelt, auf der westlichen aber noch unbekannt. Von Spanien und Marocco an, auf beiden Ufern des Mittelmeeres, durch Frankreich und England, durch die Alpen und Karpaten, durch die Krim, Kleinasien und Aegypten, Persien, die Himalayakette, die Mongolei bis nach China und südwärts bis Ostindien reichend, sind ihre Schichten in mächtigster Entwicklung abgelagert. Es ist die **eocene** oder **Nummulitenformation**, welche in Beziehung auf Gesteinszusammensetzung und eingeschlossene Thier- und Pflanzenreste, in jenem viele Tausend Quadratmeilen umfassenden Gebiete eine so große Uebereinstimmung zeigt, daß sie als aus einem, mit dem Aequator gleichlaufenden, die alte Welt quer durchschneidenden Ocean niedergefallen angesehen werden muß. An ihren Rändern stößt sie mit Landbildungen zusammen, über welche hin sich jüngere tertiäre Meeresablagerungen erstrecken, die wir dann als miocene Meeresbildungen betrachten werden.

In den Pyrenäen, Alpen, Apenninen sowol, wie in Aegypten und am Himalaya, überhaupt in der südlichen Abtheilung besteht die Eocenformation aus Kalken, Mergeln und Sandsteinen, während ihre nördlichen in einzelnen Buchten abgelagerten Partien, wie die tieferen Schichten der sogenannten Pariser, Londoner und Antwerpener Tertiärbecken, mehr Thon, Sand und lockern Kalk aufweisen, und die damit zusammenhängenden Landbildungen aus äußerst mächtigen Geröll-, Sand-, Thon-, Kalktuff- und Gypslagern bestehen.

Die Nummulitenformation enthält in ihren untern Abtheilungen nicht selten schwache Mergelflötze mit Kohlenlagern von geringer Mächtigkeit, in welchen wol Muscheln, aber keine Nummuliten vorkommen. Diesen folgen Kalke, oft marmorartig von Kalkspathadern durchzogen, fest und so dauerhaft, daß sie als Pflastersteine gesucht sind. Es herrschen in ihnen die Nummuliten vor und sind in einer Menge vorhanden, welche an das Unglaubliche grenzt. Hohe Felshörner, weit erstreckte Bergzüge der Alpen bestehen fast nur aus Nummulitenschalen. Diese Reste von allen Größen liegen in einem feinkörnigen, festen, gelben, grauen oder selbst durch Eisenoxyd roth gefärbten Kalk, der durch Aufnahme von Sand in Quarzit und Sandstein verläuft. Mitunter liegen zwischen jenen Foraminiferen noch kleine Korallen und zahlreiche Muscheln, von denen nur wenige (etwa 20) mit solchen aus der Kreide übereinstimmen, während die meisten (über 900) der Formation eigenthümlich und etwa 300 mit jüngern Tertiärschichten gemeinschaftlich sind.

Nach den Nummulitenkalksteinen folgen feste Sandsteine, Sandsteinschiefer, schwarze Thonschiefer, Mergel und Kalksteine, in denen die Nummuliten seltener werden, während Algen des Meeres in unzähliger Menge darin vorkommen. Es sind die Flischgesteine der schweizer Geologen.

In allen Hochgebirgen, an deren Zusammensetzung diese ältern Meeresbildungen der Tertiärformation Antheil nehmen, wie im Atlas, in den Pyrenäen der schweizer, tyroler, steierischen, kärnthischen, dalmatischen Alpen, in den Karpaten, den Apenninen, dem Himalaya u. s. w., sind ihre Schichten vielfältig gekrümmt, gebogen, gefältet, zerbrochen und oft mit bis auf die höchsten Höhen gehoben.

In der Pariser, Londoner und belgischen Tertiärformation gehören nur die untern marinen Schichten dem Eocen an; sie bestehen aus Thon, Sand, Sandstein und Kalk, worin nur wenige Nummuliten, aber viele schöne Muscheln, Fische, Amphibien und Säugethiere vorkommen, während Algen vermischt mit Landpflanzen, namentlich auch Palmenarten nicht selten sind.

Die an Fischresten reichen Glarner Dachschiefer, dünnschiefrige schwarze Kalksteine, die Fischschiefer vom Monte Bolka, die an Insekten reichen Tertiärgesteine von Radoboy in Dalmatien, die fisch- und insektenreichen Schiefergesteine von Bisteritz, Weißkirchen in Mähren, Teschen in Schlesien, Dynow und Inrowske in Galizien liegen zwischen den Nummulitenschichten. Sie bilden Uebergänge in die eocenen Süßwasserbildungen von Monte Promia, Sotzka, Beatenberg, Sagor, Häring u. s. w. in der österreichischen Monarchie, Entrevernes in Savoien, Bex in der Schweiz, worin mächtige Stein- und Braunkohlenflötze liegen, an deren Bildung Palmen und jetzt nur in Australien wachsende Proteaceen Antheil nahmen.

Mit diesen Nummulitenschichten abwechselnd gelagert und selbst Nummuliten einschließend, kommen im Vicentinischen Basalttuffe, in den Apenninen und Karpaten Jaspis- und Halbopal-Lager vor, und selbst der berühmte ägyptische Kugeljaspis ist ihnen eingelagert und schließt ihre Versteinerungen ein. Außerordentlich mächtige, Berge bildende Steinsalzlager, mit Gyps und rothem Schieferthone in Verbindung, finden sich in Catalonien (Cardona, Peralta), Algerien, Kleinasien und Armenien zwischen Nummulitenschichten; auch Eisenerze (rothe und gelbe Bohnerze) kommen darin bei Sonthofen, am Kressenberge, Eisenerz und mehreren andern Orten des bayrischen Hochlandes vor.

Die **miocenen Meeresbildungen** der Tertiärformation liegen großentheils auf mächtigen eocenen Süßwasserablagerungen, von denen weiter unten noch geredet wird, wie in Polen, ganz Norddeutschland und in einem großen Theile von Belgien, oder auch wie bei Paris, Antwerpen, am Nordrande der östlichen Alpen bei Wien, an den Karpaten, in Ungarn, Südrußland u. s. w. auf den Nummuliten- und Flischschichten. Sie dehnen sich weiter nordwärts aus als jene eocenen Ablagerungen, und lassen von Frankreich und Deutschland nur ein schmales, vielfach von Buchten durchschnittenes Land übrig, indem sie sich einerseits bis in die Touraine, nach Bordeaux, nach Basel und Mainz, am ganzen nördlichen Alpenrande bis Wien, an den Karpaten bis Wieliczka und Krakau, in Asien bis jenseits des Aralsees, andererseits in England bis Norfolk und Suffolk, in Deutschland bis Bonn, Düsseldorf, Kassel, Marburg, Magdeburg, Leipzig, Berlin, Stettin erstrecken. Zu ihnen gehört die Meeres-Molasse der Schweiz, welche auf eocenen und unter miocenen Süßwasserbildungen mitten inne liegt.

Nummuliten fehlen gänzlich, dagegen kommen zahllose Foraminiferen vor, gemischt mit kleinen, nicht Riffe bauenden Korallen, mit Echiniten, Conchiferen und Gasteropoden, mit Resten von Knochenthieren und Pflanzen, unter denen die Palmen im nördlichen Theile gänzlich fehlen, während sie im südlichen, wenigstens in Süßwasserbildungen von gleichem oder wenig höherem Alter noch vorkommen.

Die Gesteine, welche dieser miocenen Meeresbildung angehören, sind theils Thon, Sandgeröll und kreideartiger Kalk, theils feste Sandsteine, Conglomerate, Schieferthone und Kalke; sie unterscheiden sich in dieser Beziehung keineswegs von den ältern, selbst nicht von den paläozoischen Formationen. Gyps, Steinsalz, Eisenerze sind ihnen eingelagert; an manchen Stellen führen sie den Steinkohlen ähnliche, an andern ganz mürbe Braunkohlen. Ihre Mächtigkeit ist sehr verschieden und wechselt von wenigen hundert bis zu mehr als tausend Fuß. Basalte, Dolerite, Trachyte und Phonolithe mit ihren Tuffen gehören ihnen wie den eocenen und pliocenen Schichten an.

Die erstaunlich mächtigen Steinsalzberge von Siebenbürgen, welche an 400 Fuß hoch und über 10 Meilen lang sich verfolgen lassen, der Salzreichthum Galiziens, Wieliczka (vergl. Fig. 247), Bochina, die gewaltigen Salzlager des Südabhanges der Karpaten, der Moldau und Walachei, in welchen zahlreiche miocene Versteinerungen von Foraminiferen, Korallen, Muscheln, Insekten, Knochenthieren und Pflanzen vorkommen, die Steinsalzformation von Volterra in Toskana

zeugen von dem unerschöpflichen Salzreichthume dieser Formation, welcher alles überbietet, was aus älteren Gesteinsabtheilungen bekannt ist.

Braunkohlenlager von großem Umfange und bedeutender Mächtigkeit, jedoch stets nicht mariner Entstehung, wetteifern in Steiermark, Dalmatien, Ungarn, Schlesien, Sachsen, Hessen u. s. w. mit dem Reichthume aller früheren, Kohlenlager umschließenden Formationen, wenn auch in gewerblicher Beziehung die Steinkohlen wegen der größern Concentration ihres Kohlenstoffgehaltes den Vorzug verdienen.

Zu den jüngsten, den **pliocenen Meeresbildungen** der Tertiärformation, gehören solche Gesteinsablagerungen, in welchen unter hundert versteinerten Thierarten etwa sechzig und mehr mit noch lebenden vollständig übereinstimmen. Sie finden sich entwickelt über den miocenen Schichten Norddeutschlands, Belgiens, Englands, Frankreichs und des schweizer Mittellandes, treten aber besonders ausgebildet in Italien, sowie am Schwarzen Meere und am Caspisee auf, und erscheinen als Absatz am Strande des sich allmälig nach Norden und Süden in seine jetzigen Grenzen zurückziehenden Meeres der mittleren Tertiärzeit. In den südeuropäischen Abtheilungen, namentlich in der sogenannten Subapenninformation Italiens und dem sicilischen Tertiärgesteine sind etwa drei Viertheile der versteinerten Muscheln und Korallen solchen Arten zugehörig, welche heute noch im Mittelmeere leben, während die englischen und norddeutschen Pliocenbildungen etwa zwei Dritttheile in nordischen Meeren vorkommende, gemischt mit südlichern Formen, aufweisen. Die pliocenen Kalksteine von Odessa und der Umgebung des Caspischen Meeres sind aus einem weit ausgedehnten Binnensee entsprungen, welcher schon von denselben Thieren bevölkert war, die jetzt im Caspisee leben. Diese Schichten liegen jetzt 60 bis 200 Fuß über dem Spiegel des Schwarzen Meeres, woraus sich die beträchtliche Hebung des alten Meeresbodens entnehmen läßt.

Die pliocenen Schichten bestehen aus einer Reihenfolge von Thon, Sand, Geröll, Sandstein, Mergel, Kalkstein, Kreide, Kalktuff, Gyps, Steinsalz, Braunkohle, Basalttuff, Basalt und unterscheiden sich in dieser Beziehung nicht von den vorhergehenden. Es finden sowol in der Breite als Höhe Uebergänge aus dem einen in das andere Gestein statt. Die Stärke der ganzen Gruppe beträgt stellenweise mehrere Tausend Fuß.

Steinsalz kommt auf Sicilien in mächtiger Entwicklung, verbunden mit Gyps, aus dem diesem entstandenen Schwefel und mit Asphalt vor; am Caspisee haben die Naphthaquellen, die Asphaltlager und die ewig brennenden, von den Parsen verehrten Feuerbrunnen von Baku (Ausdünstungen brennbarer Gase) ihren Sitz ebenfalls in dem pliocenen Gesteine.

Schweden und Norwegen besitzen eine Tertiärformation, welche in die jetzt an deren Küsten sich entwickelnden Ablagerungen allmälig verläuft. Eben so erstrecken sich über Nord- und Südamerika sehr ausgedehnte pliocene Ablagerungen, worin die vorher angeführten großen Faulthiere, Mastodonten u. s. w. vorkommen, zum Theil in Gemeinschaft mit Muscheln, denen gleich, welche jetzt lebend an den Küsten gefunden werden. In den südamerikanischen kommen gediegene



Die Fingalshöhle.

Buch der Geologie. II. Bd. 2. Aufl. Druck von F. A. Brockhaus in Leipzig. Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

Metalle und Diamant vor. Auch Ostindien und Australien besitzen ihre Tertiärformation, von der wir aber noch geringe Kunde besitzen.

b. Süßwasser- und Landbildungen der Tertiärformation.

Wir haben schon wiederholt der mit den marinen Ablagerungen gleichzeitig entstandenen Süßwasser- und Landbildungen Erwähnung gethan und können uns deshalb hier um so kürzer fassen. Sie bestehen sämmtlich aus Sand, Conglomerat, Sandstein, Thon, Mergel, Kalk, welcher entweder noch an lockeren Kalktuff erinnert oder eine feste, marmorähnliche Zusammensetzung hat, aus Gyps, Braunkohle, Eisenerzlagern, Basalttuff und vulkanischer Asche.

Die Sandsteine, zuweilen durch Kieselerde verkittet, wetteifern an Festigkeit mit allen andern Gesteinen. Opal- und Kalzedon-Einseihungen, in Rosetten, krystallisirte Quarze, Drusen und Kalksinter haben dem lockern Sande und Geröll einen solchen Zusammenhalt verschafft, daß sie an Härte den Granit übertreffen und lange Zeit für Schmelzprodukte des vulkanischen Feuers galten, bis die vielen in ihnen vorkommenden Versteinerungen sie als Wasserabsatz erkennen ließen. Auch die Thone haben zuweilen Kieselerde in Gestalt von Halbopal aufgenommen und sind zu Opalschiefer mit Pflanzenresten geworden, oder sie sind durch Erdbrände geglüht in Porzellanjaspis umgewandelt.

Alle außerhalb des Meeres entstandenen Ablagerungen schließen nur Süßwasser- und Landthiere und Pflanzen ein. Diese Reste organischer Wesen haben entweder nur ihre Abdrücke zurückgelassen, oder sie sind durch Schwefelmetalle, durch Schwerspath, Eisen- und Manganoxyde, kohlensaures Eisenoxydul, Kalk, Gyps und Kieselerde versteinert, ganz so wie in andern älteren Formationen.

Sumpfpflanzen sind in vielen Fällen die Veranlassung der Braunkohlenlager gewesen, ja es darf behauptet werden, daß angeschwemmte Pflanzen niemals für sich allein solche Kohlenflötze bildeten. Eine sehr eingehende Untersuchung der Braunkohlen Schlesiens und Hessens haben zu dieser Ansicht gedrängt, wornach sämmtliche Kohlenflötze aller Formationen ursprünglich nichts anderes als Torflager waren.

In Hessen, besonders in der Nähe von Großallmerode, finden sich untergesunkene Wälder, deren Stämme noch im Boden festgewurzelt stehen. Alle diese Stämme sind in 10 bis 16 Fuß Höhe über dem Boden abgefault; sie waren durch plötzliche Bodensenkung so tief ins Wasser eingetaucht und starben ab. Ihre obern Stammtheile und Aeste fielen in das Wasser des Sumpfes und vermischten sich mit den darin wachsenden Conferven zu Torf. Da der Boden immer tiefer sank, sammelte sich eine ziemlich mächtige Torfschicht auch über dem untergesunkenen Walde an. Es wuchsen in diesen Sümpfen selbst die, solchen Standort heutigen Tages noch suchenden Coniferen, welche von den Botanikern Taxodium und Sequoia genannt werden, deren Stämme sich denn auch umgebrochen in den Kohlen finden. Sie lieferten etwa ein Zehntheil der Kohlenmasse, während allerlei Sumpfpflanzen, als Riedgräser, Zanichellien, Charen, Conferven, Moose, mit den

Wurzeln jener Bäume, verschiedener Gräser und einiger weniger Farne, welche sich im Moder des Torfes in großer Ueppigkeit entfalten, die andern Neunzehntel derselben geben.

An andern Stellen, wie bei Laubach und Salzhausen in Hessen, bei Markersdorf in Böhmen, bei Rott in der preußischen Rheinprovinz, bestanden tiefere Sümpfe, in welchen sich Conferven vermischt mit Thon und Staub, mit hereingeflößten oder gewehten Laubholzblättern, mit den Leichen abgestorbener Fische, Frösche, Insekten u. s. w. zu einer erdigen Blätterkohle vereinigten. Nachdem der Sumpf bis zu einer gewissen Tiefe ausgefüllt war, begann das Wachsthum der Sumpfpflanzen, denen endlich Moorpflanzen folgten, weshalb die so gebildeten Kohlenlager in ihren verschiedenen Etagen verschieden zusammengesetzt sind. Nach Göppert's Untersuchungen sind in der Braunkohle unter hundert Stämmen achtundneunzig Sumpftannen, die anderen Sumpfcypressen zugehörig. Laubholzstämme sind noch nie in Kohlen vorgekommen; Stämme von Palmen gehören zu den seltensten Erscheinungen. Wo solche Bildungen in ungestörter Lagerung blieben, da ähneln ihre Braunkohlen heute noch dem Torfe; wo durch Hebungen und Zerklüftungen ihre Zersetzung begünstigt ward, da verwandelten sie sich in Pechkohle, wie die böhmische, steirische, tyroler und manche mitteldeutsche, welche der Steinkohle schon näher stehen, ja sie wurden zu Anthrazit, wie die 6 bis 9 Fuß starken Flötze von Anzeindaz bei Bex in der Schweiz.



Fig. 248. Sumpf-Riedgräser (Carex).

Auch Eisenerze sind in den tertiären Süßwasserablagerungen nicht selten. Sie entstanden theils als sogenannte Raseneisensteine, theils sind sie umgewandelte Kalksteine.

Gyps kommt als Absatz aus Quellwasser, mitunter auch als Umwandlungserzeugniß vor; er wird zuweilen von Schwefel begleitet.

Der Kalkstein stellt sich sehr gewöhnlich als Ueberrindung von niedern Wasserpflanzen, Conferven und Schleipen dar.

2. Eruptive Gesteine der Tertiärformation.

In der alten Welt begleiten die Tertiärformation überall großartige vulkanische Erscheinungen; Lavaströme und vulkanische Tuffe liegen abwechselnd mit Sedimentgebilden; die Tuffe umschließen gewöhnlich Thier- und Pflanzenreste. Es unterliegt keinem Zweifel, daß alle diese Massen, Basalt, Dolerit, Phonolith, Trachyt, Trachydolerit und Anamesit, als Laven auf Spalten aufgestiegen und als Lavaströme übergeflossen sind. An unzähligen Stellen läßt sich dies deutlich beobachten. Mit den Lavaergüssen, vor ihnen und nach ihnen, waren Aschenauswürfe verbunden; es liegen deshalb Lavaströme über bimssteinartigen oder auch palagonitischen Tuffen, sie wechsellagern damit. Wenn auch in den meisten Fällen die Krater jener Vulkane später zufielen und nicht erkennbar blieben, so läßt sich doch aus der Häufigkeit der Aschen- und Tufflager auf ihre Nähe schließen. Großartige Krater sind jedoch noch in der Auvergne, in der Eifel, im böhmischen Mittelgebirge und in der Rhön sichtbar.

Als bemerkenswerth verdient der Umstand Erwähnung, daß alle tertiären Vulkane in der Nähe der tertiären Meere bestanden. Der mächtige Vogelsberg, die Rhön, der Westerwald, die Eifel, das Siebengebirge, der Kürll- und Habichtswald, deren Basalte, Dolerite, Trachyte, Phonolithe u. s. w. mehr als hundert Quadratmeilen Fläche einnehmen, befanden sich am Rande eines Norddeutschland bedeckenden Meeres, in welches herein sie ihre Laven sandten. Das böhmische Mittelgebirge, die ungarischen Trachytberge bestanden als Vulkane in der Nähe der Schlesien, Mähren und Ungarn überschwemmenden Meere, die Basalte des Schwabenlandes, nicht weniger der Kaiserstuhl in Baden, die Vulkane der Auvergne; sie lagen am Ufer der tertiären Südsee. Auch in Kleinasien, in Vorderindien, in Nordamerika, in Australien wiederholt sich diese Thatsache; von den im Meere selbst liegenden Bildungen derart von Island und den Faröer und andern gar nicht zu reden. Die Insel Staffa an der Westküste Schottlands ist durch die in Basalt eingespülte Fingalshöhle, von welcher das beigefügte Tonbild eine Ansicht zu geben versucht, berühmt geworden. Aus dem Meere starrt dies Eiland steil herauf; es besteht aus einem in senkrechte Säulen zerspaltenen Lavastrome, in welchem die Meereswellen einen langen hohen Tunnel eingegraben haben. Wenn die Brandung diese Höhle durchtobt, sich der Sturmwind zu ihr gesellt, dann donnert, heult und braust es in ihr, dann klingen ihre abgebrochenen Säulen so, daß die Bewohner der benachbarten Küste sie die musikalische Höhle nannten.

Der **Basalt** durchsetzt sehr häufig in Gängen, mit denen gewöhnlich übergeflossene Lavaströme verbunden sind, alle Sediment- und Eruptivgesteine, welche älter als die Tertiärformation sind, sowie die krystallinischen Schiefer. Solche

Gänge gehören in allen Theilen Deutschlands, Frankreichs, Englands, Schottlands und in allen Welttheilen zu den sehr häufigen Vorkommnissen.

Da die chemische Zusammensetzung der Basalte, der Dolomite u. s. w. sehr schwankend ist, da sie die verschiedensten Grade der Umwandlung und Zersetzung wahrnehmen lassen, sich öfters durchbrechen und über einander fließende Lavaströme bilden, so muß angenommen werden, daß sie während sehr langen Zeiträumen wiederholt ausgeströmt sind. Sie haben bei ihrer Eruption kaum auf das von ihnen durchbrochene Nebengestein eingewirkt, wol aber brachten ihre Zersetzungsprodukte, als Zeolith, Opal, Kalkspath, Bitterspath, kohlensaures Eisenoxydul in ihrer Unterlage, durch den spätern Stoffwechsel bemerkenswerthe Umwandlungen hervor. Es schied sich im porösen Kalke der aus der Zersetzung des Labradorites und Augites des Basaltes hervorgehende Kalkspath und Magnesit aus, wodurch Marmor und Dolomit entstanden. Die aus dem Zerfallen der Basaltlava hervorkommenden kieselsauren Kali- und Natronsalze bewirkten in Kohlenflötzen, im Thon und in Tuffgesteinen die Krystallisation von Zeolithen; sie wandelten Kalkflötze in Hornstein um. Auf diese und die im Basalt und Trachyt selbst vorgehenden Umwandlungsprozesse werden wir später noch zurückkommen.

Trachyt und **Phonolith** sind gewöhnliche Begleiter des Basaltes und Dolerites; sie verlaufen in diese durch zahlreiche Zwischenglieder, welche unter dem Namen Trachydolerit zusammengefaßt werden.

Die trachytischen Gesteine der Tertiärzeit sind am nächsten verwandt mit dem Obsidian der neuesten Vulkane; sie sind metamorphosirte Obsidianlaven. Wir finden sie als Lavaströme von mehreren hundert Fuß Dicke über Tuffmassen ausgebreitet in Ungarn, auf den Ponza-Inseln und in Mexiko. Da sie jene Bimssteintuffe gangartig durchbrechen und über sie hingeflossen sind, so müssen sie von jüngerem Alter sein als dieselben. Wie bei allen vulkanischen Eruptionen, gingen den Lavaergüssen auch in diesen Fällen Aschenauswürfe voraus.

Es wurden vielfache Versuche zur Feststellung des Alters der verschiedenen vulkanischen Tertiärgesteine unternommen; solche Bemühungen können jedoch nur von örtlichem Werthe sein. Da die Basalte erwiesenermaßen selbst zu verschiedenen Epochen eines sehr langen Zeitraumes aus dem Erdinnern treten und nach ihrer Ausbreitung an der Oberfläche die manchfaltigsten Zersetzungen erlitten, so ist es schwer, die Grenzen zwischen den Gesteinen festzustellen, welche von den Mineralogen als Pyroxenlava, Basalt, Anamesit, Dolerit, Melaphyr, Diorit, Diabas, Aphanit u. s. w. bezeichnet werden. Alle diese Gesteine verlaufen in einander durch unmerkliche Uebergänge. Eben so unmöglich ist es, Obsidianlava, Trachydolerit, Trachyt, Felsitporphyr von einander zu trennen, da auch sie einen innigen Zusammenhang unter sich und mit den Pyroxenlaven zeigen. Nur durch Feststellung aller Unterschiede zwischen den manchfaltigen Laven, welche während der verschiedenen Entwicklungsperioden des Erdballes entstanden, könnte hier eine Entscheidung erlangt werden. Die Bezeichnung jeder Abänderung mit einem eigenen Namen bereichert nur das Namenverzeichniß um viele hundert Arten, womit dann allerdings wenig gewonnen ist. Die Basaltart, welche in der Rhön

dem Phonolith vorausging und für die ältere gehalten wird, ist vielleicht in Böhmen oder in Italien, oder auf Island, oder sonst irgend wo die jüngere. An einem Punkte ist Trachyt als Lava geflossen, während gleichzeitig an einem andern Pyroxenlava ausströmte, so wie heutigen Tages nahe zusammengelegene Vulkane in chemischer und mineralogischer Beziehung sehr verschiedene Laven ausgeben.



Fig. 249. Basaltfelsen an den Wasserfällen des Baresa-Flusses in Abessynien.

Es hängt dies offenbar ab von der Zusammensetzung derjenigen Gesteine, in welchen die Herde der Vulkane ihre Sitze haben, und welche sie umgewandelt als geschmolzene Massen auswerfen.

Die Gangbildungen und die Erzführung der eruptiven Gesteine sollen später noch besprochen werden; hier erwähnen wir nur noch, daß die Eruptivgesteine der Tertiärformation sich in vielen Gegenden als steile isolirte Kuppen darstellen, daß sie zuweilen mauerartig über das Nebengestein hervorragende Felsmassen

zusammensetzen; daß sie aber, wenn sie wie im Vogelsberge große Flächen zusammenhängend bedecken, auch flach gerundete Hügel in wellenförmiger Anordnung aufbauen. Die isolirten Kuppen verdanken ihre auffallende Form der Abwitterung des Nebengesteines, welche den aus den Erdtiefen emporgetriebenen Lavagang frei machte, oder auch späteren Hebungen und Zerreißungen des Bodens, wobei die eruptiven Gesteine als die jüngern, als Decken auf die Spitzen der an ihrem Gehänge und Fuße aus Sedimenten gebildeten Berge gelangten. Als auffallendes Beispiel, wie die Formen der Basalte in den fernstgelegenen Erdtheilen sich gleichen, kann die auf dem umstehenden Bilde dargestellte Landschaft aus den abessynischen Hochgebirgen dienen, welche Basaltfelsen zeigt, über welche sich der Beresa-Fluß in malerischen Fällen herabstürzt. Die mauerartigen Gesteinkämme erinnern stark an ganz ähnliche Felspartien deutscher Basaltgegenden.

3. Metamorphosirte Gesteine der Tertiärformation.

Wenn in der Tertiärformation auch die eigentlichen krystallinischen Schiefergesteine fehlen, so kommen doch sehr zahlreiche umgewandelte, d. h. durch Stoffwechsel in ihrer Zusammensetzung wesentlich veränderte Gesteine darin vor, in welchen eine Krystallisation der Massen schon beginnt.

Sowol die Sedimente, als Laven und vulkanische Gesteine der Tertiärzeit lassen diese Wirkungen des Stoffwechsels bemerken.

Die Trachyte sind, sobald sich in ihnen große Orthoklaskrystalle einstellen, als in den krystallinischen Zustand übergegangene Obsidianlaven zu betrachten. Während der Krystallentwicklung schied sich Quarz in Krystallen und als Kalzedon ab, wodurch ein Uebergang in die noch weiter metamorphosirten Trachyte früherer Epochen in die Felsitporphyre vermittelt wird.

Der Phonolith, ein wasserhaltiger Trachyt, oder ein Gemenge aus Pyroxen, Orthoklas und Zeolith, ist, da die Zeolithe auf Spalten und Drusen auskrystallisirten, nichts anderes als eine metamorphosirte Lava.

Der wasserhaltige Nephelin-Dolerit möchte ebenfalls hierher gehören, nicht weniger derjenige Serpentin welcher bei Genua von jüngerem Alter als die Eocenformation ist. Der Serpentin entstand zu jeder Zeit aus der Umwandlung pyroxenischer Lava, wie wir weiter oben mehrfach angedeutet haben; er gehört als umgewandeltes Gestein mehreren geologischen Perioden an.

Die basaltischen Mandelsteine, in welchen Zeolithe aller Art, Kalkspath, Arragonit, Sphärosiderit, Halbopal, Schwefeleisen auf Drusen und das Gestein durchdringend ausgeschieden sind, gehören erwiesenermaßen zu den in der Umwandlung begriffenen Gesteinen; nicht minder die Wacken, welche ursprünglich vulkanische Aschen waren, deren Atome durch Zersetzung an einander gekittet, jetzo ein festes Gestein darstellen. Sie, wie die Palagonittuffe, ganz ähnliche Gebilde, die jedoch unter Wasserbedeckung sich absetzten und oft Versteinerungen umschließen, enthalten allerlei, aus der Zersetzung ihrer Bestandtheile hervorgegangene krystallisirte Mineralien und vulkanische Bomben eingewickelt.

Vulkanische Gase oder heiße Quellen, oder die Atmosphäre haben große Stücke der vulkanischen Gebilde in Thon und Letten zersetzt, worin sich allerlei Mineralien ausschieden, während zuweilen die Gestalt der ursprünglichen Absonderungsstücke erhalten blieb. Die so entstandenen Basaltthone, trachytische Alaunsteine und Porzellanthone sind Umwandlungsgebilde.

Wenn der sedimentäre Kalkstein durch Einseihungen, seien sie Kalk, Bittererde oder Eisenoxyd, in ein krystallinisches Gestein, Dolomit, Eisenstein überging, oder wenn ihm durch Stoffwechsel Kalk entzogen, aber Kieselerde, Schwerspath, Cölestin zugeführt wurde, wenn er mit seinen Muschelschalen zu Hornstein oder Opal ward, so sind offenbar Umwandlungen eingetreten. Nicht weniger, wenn das in den Sedimenten eingeschlossene Schwefeleisen sich in Eisenvitriol und Schwefelsäure zersetzte, wenn letztere mit Kalk Gyps bildete, der sich entweder in Krystallen im Thon ansammelte oder, vom Wasser entführt, Sand verkittend an einer andern Stelle abgesetzt wurde. Nicht minder gehören hierher jene Gypslager, welche aus kohlensaurem Kalke durch Schwefelwasserstoff-Einwirkung hervorgingen, und aus deren Rückwärtszersetzung wieder kohlensaurer Kalk und Schwefel entstand, wie bei Girgenti in Sicilien. Auch die Schwefellager bei Werschach im Ennsthale Steiermarks, bei Rodoboj in Kroatien, bei Kalinka in Ungarn und Swoszowice in Galizien sind aus der Umwandlung von Gyps entstanden, mit welchem sie in einem Mergel vereint vorkommen.

Die durch Schwerspath oder krystallisirten Quarz oder Kalzedon verkitteten Sandsteine, die durch Erdbrände in Jaspis veränderten Thone sind in der Tertiärformation sehr häufig vorkommende Umwandlungsprodukte.

4. Erze, Kohlen, Salz und andere nutzbare Mineralien.

Die wichtigsten Einlagerungen der Tertiärformation sind Braunkohle, Steinsalz, Eisenerz; außerdem ist sie die einzige Fundstätte für Bernstein; sie führt Jaspis- und Opalarten, Gold, Platin, Silber und Kupfer und sogar Diamanten.

Die Braunkohlen finden sich in vielen größern und kleinern Mulden an einander gereiht; es liegen oft mehrere Lager über einander, deren Mächtigkeit zwischen wenigen Zollen und hundert Fußen schwankt. Die für die Gewerbe wichtigsten Braunkohlen sind diejenigen, welche schon so weit umgewandelt sind, daß sie der Steinkohle sich nähern, denn sie enthalten am wenigsten Wasser. Hierher sind die der Eocen- und Miocenformation angehörenden Kohlen von Häring und Borgo in Tyrol, von Monte Bolca, Arzignano, Bulle Negri in den Venetianer Alpen, von Entrevernes in Savoyen, von Anzeindaz bei Brex, sämmtliche Braunkohlen von Kärnthen, Krain, Steiermark, Istrien, Dalmatien, Ungarn, die meisten am Rande des Erzgebirges bei Eger, Karlsbad, Bilin, Teplitz, Aussig und Leitmeritz in Böhmen vorkommenden zu zählen. Diese Kohlen sind schwarz, pechglänzend, brennen leicht und entwickeln eine sehr bedeutende Hitze. Diejenigen Braunkohlen, welche, wie die meisten sächsischen, schlesischen, hessischen, nassauischen, preußischen und französischen, wegen ihrer porösen Beschaffenheit noch viel

Wasser enthalten, müssen, wenn sie zu dem Betriebe von Dampfmaschinen und Schmelzöfen mit Vortheil benutzt werden sollen, vorher stark getrocknet werden. Die Braunkohlen des Alpengebietes sind meistens steil aufgerichtet, ihre Schichten sind wie die der Steinkohlenformation, gebogen und geknickt, die begleitenden Gesteine sind Sandstein, Thonschiefer und glimmerreicher Sandsteinschiefer, worin Blätterabdrücke, Schneckenhäuser und Thierknochen vorkommen. Die deutschen Braunkohlen sind meist flach gelagert, von Thon und Sand, seltener von Sandstein begleitet; sie erinnern an die Steinkohlenlager Oberschlesiens und Sachsens. Die Braunkohlenproduktion in Deutschland und Oesterreich beträgt jährlich wol 90 bis 100 Millionen Centner; die Lagerstätten sind zum Theil von so großer Ausdehnung und Mächtigkeit, daß sie wol für viele Jahrhunderte hinreichen.

Mit den Kohlen vereinigen sich oft thonige Sphärosiderite, ganz so wie mit den Steinkohlen älterer Formationen. Diese Sphärosiderite umschließen sehr schöne Versteinerungen, enthalten gewöhnlich etwas Schwefeleisen und andere Schwefelmetalle, sind aber dennoch zur Eisendarstellung sehr wohl geeignet.

Außer diesen Kohleneisensteinen führt die Tertiärformation an vielen Punkten noch Bohnerze, welche im Aeußern den oolithischen Erzen älterer Formationen sehr ähnlich sind. Sie gingen öfters hervor aus der Umwandlung von oolithischen Kalklagern, die wiederum entstanden, indem über kleine Pflanzen, Diatomeen, Schleipen und über die von diesen ausgestoßenen Sauerstoffbläschen sich dünne Kalkschalen ablagerten. Solche Erbsensteinkalke, wie man sie nannte, sind gewöhnlich Absatz aus kalkhaltigen Quellen. Die Bohnerze, welche über den schwäbischen Jura hin in Spalten über die rheinische und hessische Tertiärformation in kleinen Mulden verbreitet sind, gehören hierher und dienen als sehr taugliches, wenn auch armes Eisenerz. Außerdem kommen noch Sumpferzbildungen vor, welche Pflanzen und Thiere einschließend an die Kohleneisensteine erinnern. Es sind Roth-, Braun- und Spatheisensteine.

Mit den Braunkohlen vereinigt birgt die norddeutsche Ebene, namentlich zunächst der Ostseeküste, einen großen Reichthum an Bernstein Dieses von Tannen abstammende Harz ist in der Erde desorganisirt worden. Es finden sich viele kleine Insekten, der Tertiärperiode angehörend, in Tropfen und größern Knollen, sowol in den Kohlen als auch durch die Brandung aus den unter Meer gesunkenen Flötzstücken ausgewaschen in den Strandbildungen.

Aus manchen eisenschüssigen Quarz-Conglomeraten Brasiliens und Ostindiens werden Diamanten gewonnen; man hält diese Gesteine in der Neuzeit für Tertiärgebilde, läßt aber noch unentschieden, ob sich die Edelsteine darin gebildet haben, oder ob sie aus ältern Formationen als Rollstücke herübergekommen sind.

Einige solcher Conglomerate, Sand- und Quarzgesteine umschließen Körnchen, kleine Knöllchen, selbst größere Platten von gediegen Kupfer (Bolivia), von gediegen Silber und Gold (Peru, Brasilien, Kalifornien, Virginien, Australien). Aus der Zersetzung dieser Gesteine entsteht zum Theil der Goldsand jener Länder.

Die genannten edeln Metalle brechen aber auch in den, der Tertiärformation eingelagerten vulkanischen Tuffgesteinen und Laven. Gold, Silber, Antimon

und Bleiglanz setzen auf Gängen und Klüftchen der ungarischen Trachyte und der sie begleitenden, geschichteten Tuffe und Grünsteine auf und werden in größern Quantitäten gewonnen zu Telkibánya, Nagybánya, Felsöbánya, Kremnitz und Schemnitz.

Kupfer und gediegen Silber sind in Blasenräumen des Basaltes vom Obern See Nordamerika's, und ersteres Metall auch im Basalte von Linz am Rhein enthalten. Beide Metalle kommen krystallisirt sich berührend neben einander vor; sie sind nicht in Folge der Wirkung des Feuers entstanden, welche sie zu einem Metallgemische (Legirung) zusammen geschmolzen haben würde, sondern sie sind offenbar später in die Blasenräume der Laven hereingekommen und haben sich in Folge elektrischer Hergänge, welche an Galvanoplastik erinnern, angeordnet.

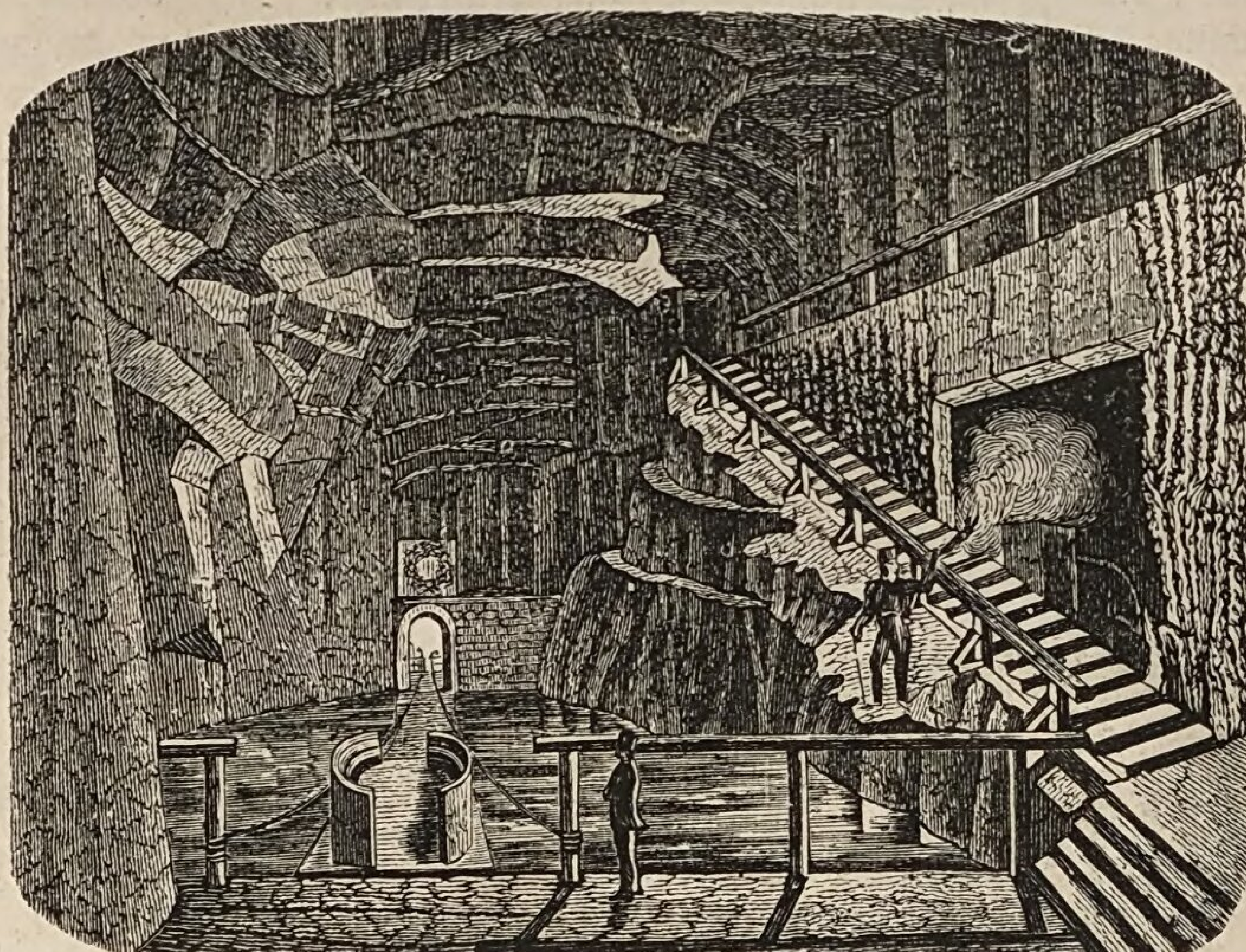


Fig. 250. Salzbergwerk Wieliczka. Eingang in die Kammer Rosetti.

Auch Opal, Jaspis und Kalzedon begleiten die Tuffgesteine, sowie die übrigen Sedimente der Tertiärformation sehr oft; der Opal häufig als Verkieselungsmittel von Holz, der Jaspis als Versteinerungsmittel von Nummuliten. Alle diese Gesteine werden geschliffen und als Schmuck und Zierrath verwendet. Namentlich sind die Edelopale Ungarns, die Feueropale Mexiko's gesuchte Edelsteine.

Schwefel bildet einen weitern Reichthum dieser Formation; er ist nicht etwa vulkanischen Ursprunges, sondern das Erzeugniß chemischer Vorgänge in Gypslagern.

Asphalt, Naphtha und Steinöl werden aus Tertiärgesteinen des Elsaß, Illyriens und des Caspischen Meeres gewonnen.

Zu den wichtigsten Lagern gehört das Steinsalz. Solches bedeckt in Siebenbürgen eine Fläche von 400 Quadratmeilen, und erreicht dabei an

mehreren Punkten 600 Fuß Mächtigkeit. Es tritt auf in Ungarn, in Galizien, wo es ebenfalls mehrere hundert Quadratmeilen einnimmt und mit Gyps, Sandstein und Thon abwechselnde Lager bildet, deren einige bei Stebink bei 513 Fuß noch nicht durchteuft waren. Es ist kaum möglich, sich von dem großartigen Vorkommen dieses Stoffes, welcher überall als Absatz aus Meerwasser erscheint und Versteinerungen einschließt, eine Vorstellung zu machen. In dem weltberühmten Steinsalzbergwerke Wieliczka bei Krakau sind Abbauhöhlen herausgehauen, in denen Kirchen mit ihren Thürmen Raum haben. Es sind daselbst aus Salz zierliche Bildwerke geformt, Kapellen und Säle hergestellt worden. In großer Tiefe fahren Schiffe über einen 100 Fuß tiefen im Salze eingebetteten See, über welchen eine Brücke geschlagen ist. Die Besuchenden ergötzen sich dabei an brillanter Beleuchtung, am donnerähnlichen Widerhall abgeschossener Kanonen, an farbigen, aus buntem Steinsalze zusammengefügten Transparenten, welche ihnen Glück zur Auffahrt wünschen. Unsere Fig. 250 giebt die diesen See einschließende Kammer Rosetti; im Vordergrunde steht die mit Sitzen ausgestattete Fähre.

Im österreichischen Kaiserstaate werden jährlich über $3^1/_2$ Millionen Centner Steinsalz allein aus den Bergwerken Galiziens, Ungarns und Siebenbürgens gewonnen, unendlich viel Salz fließt in den Bächen davon, und die Gewinnung könnte leicht verzehnfacht werden, ohne daß eine erhebliche Abnahme des Reichthumes in Jahrtausenden zu befürchten steht. Auch die Moldau und Walachei sind reich an tertiärem Steinsalze; Armenien, Kleinasien, Spanien und Sicilien besitzen in derselben Formation mächtige, nur aus Salz und Gyps bestehende Berge.

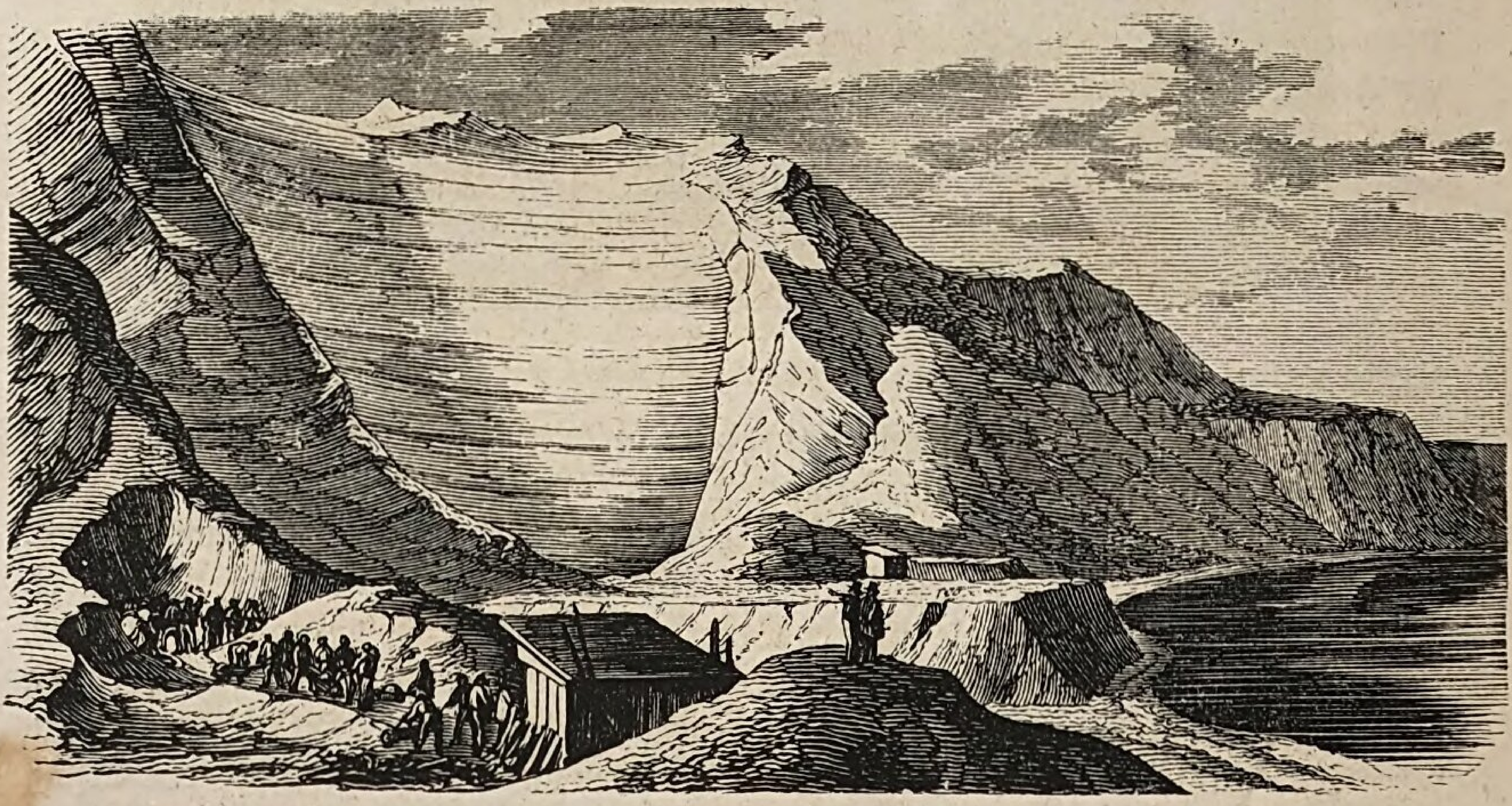


Fig. 251. Bernsteinfischerei an der Küste der Ostsee.



Fig. 252. Mammuth, Elephant und Riesenelenn der Quartärformation.

B. Quartärformation.

Die auf die Tertiärgesteine abgelagerten Geröll-, Sand-, Lehm-, Thon- und Kalklager, sehr viele Strandbildungen, ein großer Theil der vulkanischen Gesteine der jetzt thätigen Vulkane gehören einer Zeitperiode an, welche jener der Erschaffung der Menschen unmittelbar vorausging. Diese Lager wurden lange Zeit hindurch für Anschwemmungen einer die Erdoberfläche ehemals bedeckenden allgemeinen Flut, der biblischen Sintflut, angesehen und deshalb Diluvium genannt. Da sich in ihnen aber noch niemals menschliche Gebeine haben nachweisen lassen, da sie vielmehr noch manche Thierformen enthalten, die wir schon aus der Tertiärformation kennen, außerdem mehrere ausgestorbene, ihr ganz eigenthümliche Thiergattungen und daneben einige in der Jetztzeit lebende Arten enthält, so ist jene Bezeichnung, welche an die Sintflut erinnert, nicht passend; um so weniger, als die Ablagerungen als solche erscheinen, die von Oertlichkeiten abhängen und mehr an Bildungen erinnern, wie wir sie täglich in Sümpfen, Seen, Flüssen, am Meer und auf dem Festlande entstehen sehen. Zu ihnen werden außerdem die sogenannten Irrblöcke (erratische Blöcke), welche entweder durch Gletscher oder durch schwimmende Eisberge über Meer transportirt sind, und die Höhlenausfüllungen, welche beide schon während der Tertiärzeit begannen und sich heute noch fortsetzen, gestellt.

Wir erwähnen mit Uebergehung der organischen Wesen, welche die Quartärbildungen mit der Jetztzeit gemeinschaftlich hat, nur folgende.

a. Thiere.

Den hohen Norden, bis auf die Inseln des nördlichen Polarmeeres hinauf bevölkerten Herden großer, mit Pelz bedeckter Elephanten, Rhinoceronten und Riesenhirsche, denen große Pferde und Ochsen, Hyänen und Bären zur Seite gingen.

Jene bepelzten Elephanten unter dem russischen Namen Mammuth bekannt, lebten in ganz Nordeuropa, in Sibirien. Wir finden ihre riesenhaften Knochen, Schädel und Stoßzähne sehr häufig zerstreut im Lehm, im Sande, im Schlamme unserer Flüsse. Seltener sind bei uns ganze Skelette. Auf den Lächowinseln im Eismeere, welche unter 76° nördlicher Breite liegen, bestehen ganze Berge aus Knochen und Zähnen dieser Thiere, das Meer wirft Tausende davon aus. Im Schlamme der sibirischen Flüsse werden sie häufig eingefroren gefunden, ja an der Mündung des Lena entnahm Adams ein in einen gefrorenen Erdblock eingebettetes ganzes Thier mit Haut und Knochen. Die Thiere waren im hohen Norden kaum halb so groß als in der gemäßigten Zone. Ihre Stoßzähne, welche noch als Elfenbein geschätzt in den Handel kommen, sind doppelt gebogen, so daß sie auf eine Fläche gelegt, hohl liegen. Sie erreichen bei Thieren aus dem Eismeere nicht leicht über 40 Pfund Schwere, während sie aus südlichern Theilen Sibiriens von 160 Pfund Gewicht vorkommen. Solche Zähne von 8—15 Fuß Länge und 1 Fuß Dicke finden sich auch bei uns im Rheinthale im Kalktuffe, im Lehm nicht selten.

Das von Adams nach St. Petersburg gebrachte Mammuth vom Lena war noch so wohl erhalten, daß wilde Thiere sein Fleisch fraßen und die Jakuten damit ihre Hunde fütterten. Die Kälte hatte Jahrtausende hindurch die Verwesung verhindert. Adams fand, nachdem das Thier sieben Jahre entblößt gelegen, fast noch die ganze Haut, ein Ohr und einen erhaltenen Augapfel. Die Haut hatte auf dem Halse eine lange Mähne, sonst ein 10 Zoll langes, steifes Haar, zwischen welchem eine feine, röthliche Wolle Platz hatte.

Das Thier war $10^1/_2$ Fuß hoch, sein Skelett, von welchem wir auf Fig. 254 eine Abbildung geben, steht in St. Petersburg neben dem eines kleinern Elephanten. Es unterscheidet sich vom Elephantenskelette durch die Richtung der Stoßzähne und durch die größere Anzahl von Schmelzfalten der Malmzähne, welche bis 30 betragen, während es beim Elephanten nur 24 sind. Die Größe der Mammuthe übertraf die der jetzigen Elephanten keineswegs; bei letztern schwankt die Höhe von 9—18 Fuß; ebenso wie beim Mammuth.

Offenbar war das Mammuth ein Bewohner des Nordens; es lebte wie der mit ihm gemeinschaftlich vorkommende Rhinoceros tichorhinus von Tannennadeln und Gras, welche es mit seinem langen beweglichen Rüssel abbrach; wer es unter die Palmen versetzt, thut ihm sehr unrecht; der Bär des Nordens würde daselbst keine schlechtere Stelle einnehmen.

Aber die Tropenzone hatte damals auch einen Elephanten, den Elephas priscus, welcher sich dem afrikanischen unserer Tage sehr nähert und dessen Reste in den Quartärbildungen der heißeren Erdstriche gefunden werden.



Fig. 253. Das Mammuthskelett im zoologischen Museum zu St. Petersburg.

Fig. 252 giebt das behaarte Mammuth des Nordens neben jenem Elephas priscus des Südens und dem Riesenelenn, das ebenfalls nur im Norden heimisch war.

Das Rhinoceros der Quartärzeit, welches mit dem Mammuth gesellschaftlich lebte, hatte zwei Hörner auf der Nase. Das vordere schwerere ward durch eine knöcherne Scheidewand in der Nase gestützt, weshalb es zum Unterschiede von den tertiären und den jetzt lebenden, bei denen diese Scheidewand nicht vorkommt, Rhinoceros tichorhinus (von τεῖχος die Wand) genannt wurde. Das vordere Horn des Thieres ward bis 3 Fuß lang, das kürzere stand dahinter. In den Kiefern findet man Schneid- und Backzähne. Am Flusse Wilni in Sibirien ward ein solches Thier mit Haut und Haar gefunden. Es hatte besonders an den Füßen dicke Haare und war dadurch gegen Winterkälte geschützt.

Reste vom Flußpferde (Hippopotamus), fanden sich in den Quartärbildungen Italiens und im Schlamme einer englischen Knochenhöhle.



Fig. 254. Kopf von Cervus euryceros.

Mit dem Mammuth gab es in der gemäßigten Zone der alten und neuen Welt viele wilde Pferde, deren Reste sehr oft im Lehm und Kalktuffe Deutschlands gefunden werden; sie unterscheiden sich nicht wesentlich von Equus Caballus, unserm heutigen Pferde. Damit kommen Reste eines großen Ochsen, dem Bison oder Wisent ähnlich, vor, den man Bos priscus nannte. Unter den Hirschen zeichnet sich ein großer Edelhirsch aus, welcher dem jetzt lebenden ähnlich ist; er ist selten und nimmt erst in der jüngern Abtheilung der Formation, dem sogenannten Alluvium, an Zahl beträchtlich zu. Die in den irischen Torfmooren gefundenen riesigen Elenn (Cervus euryceros) sind weltberühmt; sie finden sich in Irland häufig, in Deutschland selten und gehen aus der Zeit der Mammuthe bis in die der Menschen herauf, denn man sieht ihre Reste vergesellschaftet mit Mammuth und Rhinoceros, und hat sie bei Emmerich am Rheine zusammen mit Produkten der Menschenhand gefunden, während in Irland eine durch eine Pfeilspitze verwundete Rippe gezeigt wird.

Die Thiere, von denen ganze Skelette existiren, waren im Verhältnisse zu ihrem Geweihe nicht groß; letzteres besteht aus 6—10 langen Zacken an einer

breiten Schaufel. Es giebt derartige Geweihe, welche 12 Fuß Spannweite haben und $^3/_4$ Centner wiegen; unsere Fig. 254 stellt ein solches dar. Auch die Weibchen hatten Geweihe, wie die des Elenn.

Rennthierreste sind aus der Quartärzeit ebenfalls bekannt und zwar merkwürdiger Weise auch aus wärmeren Theilen Europa's, wo sie jetzt nicht leben.



Fig. 255. Durchschnitt des untern Theils der Gailenreutherhöhle in Franken.

Neben diesen und andern von Pflanzen sich ernährenden Säugethieren fanden sich zahlreiche Bären, Löwen, Tiger, Hyänen, Wölfe und andere Fleischfresser. Im nördlichen Europa sind es meist Hyänen und Bären, deren Reste vielfach in Höhlen der Kalkfelsen aufgefunden werden. Ein durch seinen Reichthum an organischen Resten besonders berühmter Fundort ist die Gailenreutherhöhle in

Franken, von deren untern Hälfte umstehende Abbildung den Verticaldurchschnitt zeigt. Der auf dem festern Gestein ruhende eingeschlammte Höhlenlehm enthält vorzüglich viele Knochenreste von Höhlenbären, so daß man seit ungefähr neunzig Jahren die Ueberbleibsel von 800 dieser Thiere zu Tage gefördert hat. Der Lehm haucht beim Aufbrechen völligen Aasgeruch aus, der von den verwesten Weichtheilen jener Thiere herrühren mag. Diese Höhlen dienten sowol den Bären als den Hyänen offenbar als Wohnstätten, deshalb giebt es Hyänen- und Bärenhöhlen, in denen die Reste jedes dieser Raubthiere ausschließlich und nur vermischt mit abgenagten und zerbissenen Knochen anderer von ihnen getödteten Thiere gefunden werden. Hyaena spelaea und Ursus spelaeus stimmen nicht ganz mit jetzt lebenden Hyänen und Bären überein, sie verlaufen aber in selbe.



Fig 256. Dinornis.

Die tropischen Gegenden hatten damals schon Tiger und Löwen.

Unter den **Vögeln** sind in der Quartärzeit ausgezeichnet die großen Dinornisarten, welche in Neuseeland gefunden werden. Es waren Laufvögel von 10 Fuß Höhe, von denen Owen nach einzelnen Knochen die in Fig. 256 beigefügte Restauration angefertigt hat. Man will sogar Nester und versteinerte Eier von diesen Vögeln gefunden haben.

In Australien gab es ehedem eine ganze Reihe Dinornisarten, welche an den in unserer Zeit im Aussterben begriffenen australischen Kiwikiwi erinnern. In historischer Zeit ist auf Isle de France bekanntlich ein anderer Laufvogel, die Dronte, ausgestorben. Eingeborene von Neuseeland behaupten, daß auch der Riesenvogel Dinornis noch mit ihren Vorfahren zusammen gelebt habe.

In den Cannstädter Kalktuffen (Württemberg) sind neuerdings versteinerte Federn und Abgüsse von großen Eierschalen aufgefunden worden, welche auf einen großen Laufvogel aus der Quartärzeit schließen lassen.

Zahlreiche Reste kleinerer **Vögel**, verschiedener **Amphibien** und **Fische** wurden vielfach gefunden; sie stimmen meistens mit solchen überein, welche heute die benachbarten Gegenden bewohnen. Dasselbe gilt von den Insekten, Mollusken und Polypen. Die letzteren haben ihre Bauwerke als Koralleninseln aufgeführt, während die andern am Strande Haufwerke bildeten, welche sich, durch Hebung des Bodens über Wasser gebracht, als Muschelconglomerate darstellen.

b. Pflanzen.

Die Pflanzen waren in der Quartärepoche schon in ähnlicher Weise wie heute über die Erde verbreitet; wir finden deshalb in jeder Zone solche, welche den heutiges Tags daselbst wachsenden nahe stehen oder ihnen geradezu gleich sind. Nur in einzelnen Fällen sind in deutschen Kalktuffen aus dieser Epoche Pflanzenreste angetroffen worden, welche unsern Gegenden fremd, erst durch die Menschen aus fernen Gegenden eingeführt wurden; ein Beweis, daß sich mit der Fauna auch die Flora nochmals, wenn auch nur theilweise änderte, ehe der Mensch in die Reihe der Geschöpfe eintrat.

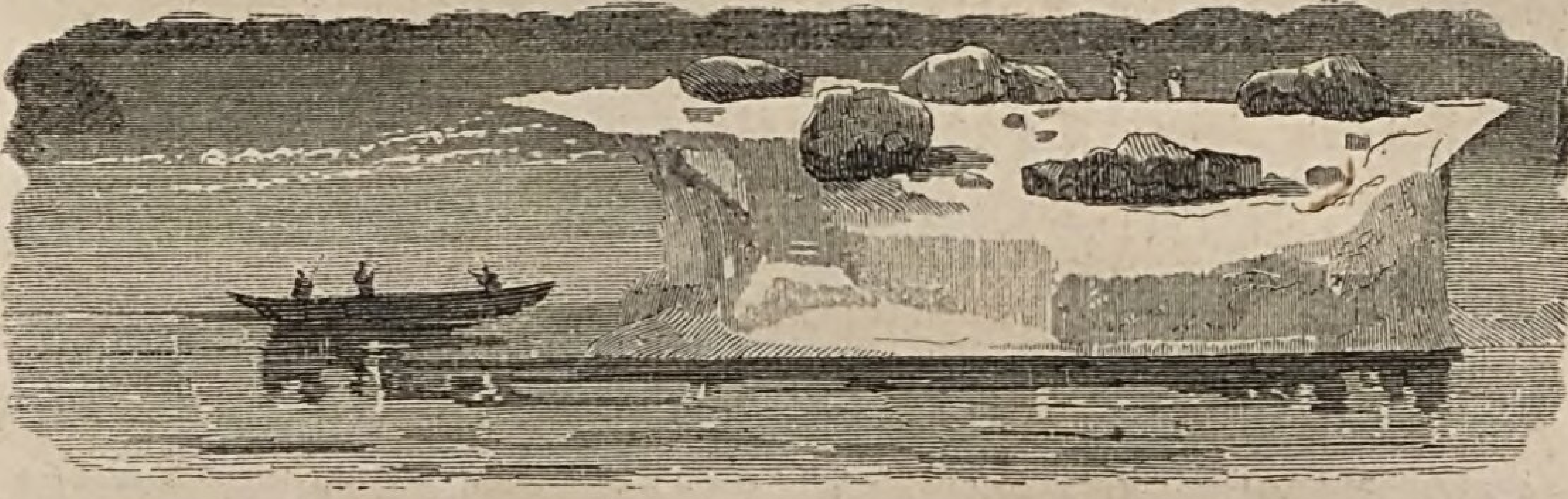


Fig. 257. Schwimmende Eisberge mit Felsblöcken im nördlichen Polarmeere.

1. Sedimentgesteine der Quartärformation.

Schutt, Geröll, Sand, Dünen, Lehm, Thon, Kalktuff, vulkanische Tuffschichten, Mergel, Sandstein und Laven setzen die Quartärformation zusammen; wir finden lockere und sehr feste Wasserabsätze und Feuerbildungen darunter; sie unterscheidet sich in dieser Beziehung von keiner der ältern Formationen. Die ältern wie die jüngern Sedimentgesteine dieser Formation bedecken den größten Theil der Oberfläche der über den Ocean hervorragenden Feste; es sind die aus dem Zerfallen der ältern Gesteine hervorgegangenen, an ihrem Ursprung liegen gebliebenen oder von Wind und Wasser transportirten Schuttmassen.

Die von steilen Felshöhen durch Frost, Regen, Erdbeben, abgebrochenen Gesteinstücke, die Alluvialkegel, Erdrutschen und Felsbrüche blieben als jüngere, oft viele hundert Fuß mächtige Lager auf den Punkten liegen, an denen sie zur Ruhe kamen, oder sie wurden durch heftige Fluten in die Ferne geführt. Im ersten Falle sind ihre Bruchstücke eckig, es entstehen Breccien daraus, im andern rollten sie sich ab, wurden zu Geschieben und erzeugten Sand, Schlamm, Conglomerat, Sandstein und Thon. Wenn Flüsse, welche auf ihrem Laufe verschiedene Gesteinsarten durchbrechen, sich vereinigen, so mischen sich in dem Hauptstrombette die verschiedensten Geschiebe; es entstehen Kies= und Grandmassen, welche verkittet durch aus dem Wasser niedergeschlagenes Eisenoxydhydrat und Kalksinter wahre Mosaiken aus den verschiedensten Gesteinsarten bilden.

So erzeugen auch die Gletscher, welche längere Gebirgsthäler erfüllen und seitliche Gletscherzuflüsse in sich aufnehmen, Schutthaufwerke (Moränen) aus

verschiedenem Materiale gebildet; die Geschiebe, welche das Meer an den Strand wirft, sind gemischt aus Fluß= und Meerrollstücken; sie entfalten Bruchstücke und Staub von Land= und Meerthieren. Soweit die nordeuropäischen, asiatischen und die amerikanischen Ebenen in der Tertiärzeit vom Meere bedeckt waren, finden sich in das Tertiärgestein eingebettet oder seinen Schuttmassen aufgelagert große Bruchstücke nordischer Granite, untermischt mit Geschieben älterer, namentlich silurischer und devonischer Gesteine mit den diese Formationen bezeichnenden Versteinerungen. Diese Fels= und Geröllmassen wurden wahrscheinlich von Treibeis des Nordmeeres herangeführt und auf dessen Boden abgelagert, wie heute noch das ins Meer gehende Gletschereis Grönlands Bruchstücke grönländischer Felsgesteine losbricht und mit in den Atlantischen Ocean hereinschleppt. Solche Felsblöcke werden erratische oder Irrfelsen genannt, während die mit ihnen verbundenen Schuttmassen den Namen Drift führen.

In der Nähe der Alpen kommen erratische Blöcke in Menge vor, welche aus den Alpen selbst abstammen. Sie wurden theils durch Gletscher zu Thale geführt, theils durch starke Fluten weiter transportirt; Ereignisse, welche sich in historischen Zeiten wiederholt haben.

Aus der permischen Formation kennen wir die in der Umgebung des Ural abgelagerten Geschiebe und Conglomerate des Todtliegenden mit Kupfererzen; es sind Flußanschwemmungen jener Periode, welche ihren Kupfererzgehalt aus den ältern, uralischen Gesteinen erhalten haben. Ganz dieselbe Erscheinung finden wir in vielen andern Formationen, so auch im Quartärgesteine wieder.

Wo die Felsmassen höherer Gebirge Metalle eingesprengt enthalten, sei es Eisen, Kupfer, Zinn, Galmei oder Quecksilber, Gold, Platin u. s. w., da spült das Wasser diese Metalle sammt den Geschieben herab in die Thäler. Es entstehen da, wo sich diese Geschiebe ansammeln, die Metallseifen, Sand=, Schutt= und Thonlager, denen irgend ein Metall in reichlicherem Maße beigemengt ist. Die Seifen sind meistens in Schluchten, Thälern und auf Ebenen abgelagert und gewöhnlich nicht sehr mächtig. Eisenerzseifen auch Bohnerzlager genannt, sind sehr häufig, da das Eisenerz in allen Formen zu den verbreitetsten Metallen gehört. Wir lernten sie schon aus der Tertiärformation kennen und finden sie denn auch vielfach in der Quartärformation. Sie werden ausgewaschen und liefern oft sehr werthvolle, durch lange andauernde Verwitterung vom Unhaltigen getrennte Eisenerze. Damit zu verwechseln sind nicht die Sumpf= oder Raseneisensteine, welche aus wäßriger Auflösung durch chemische Vorgänge niedergeschlagen und in manchen Ländern sehr verbreitet sind.

Zinnerzseifen kommen in England, Sachsen, auf der malayischen Halbinsel und in andern Landstrichen, deren Hochgebirge Zinnerzgänge besitzen, entwickelt vor.

Goldseifen sind in allen Welttheilen sehr verbreitet, aber nicht überall kann ein lohnendes Auswaschen derselben betrieben werden. Ihr Goldgehalt entstammt den ältern Gesteinen; es kann dessen Ursprung immer in höherliegenden Felsmassen nachgewiesen werden.

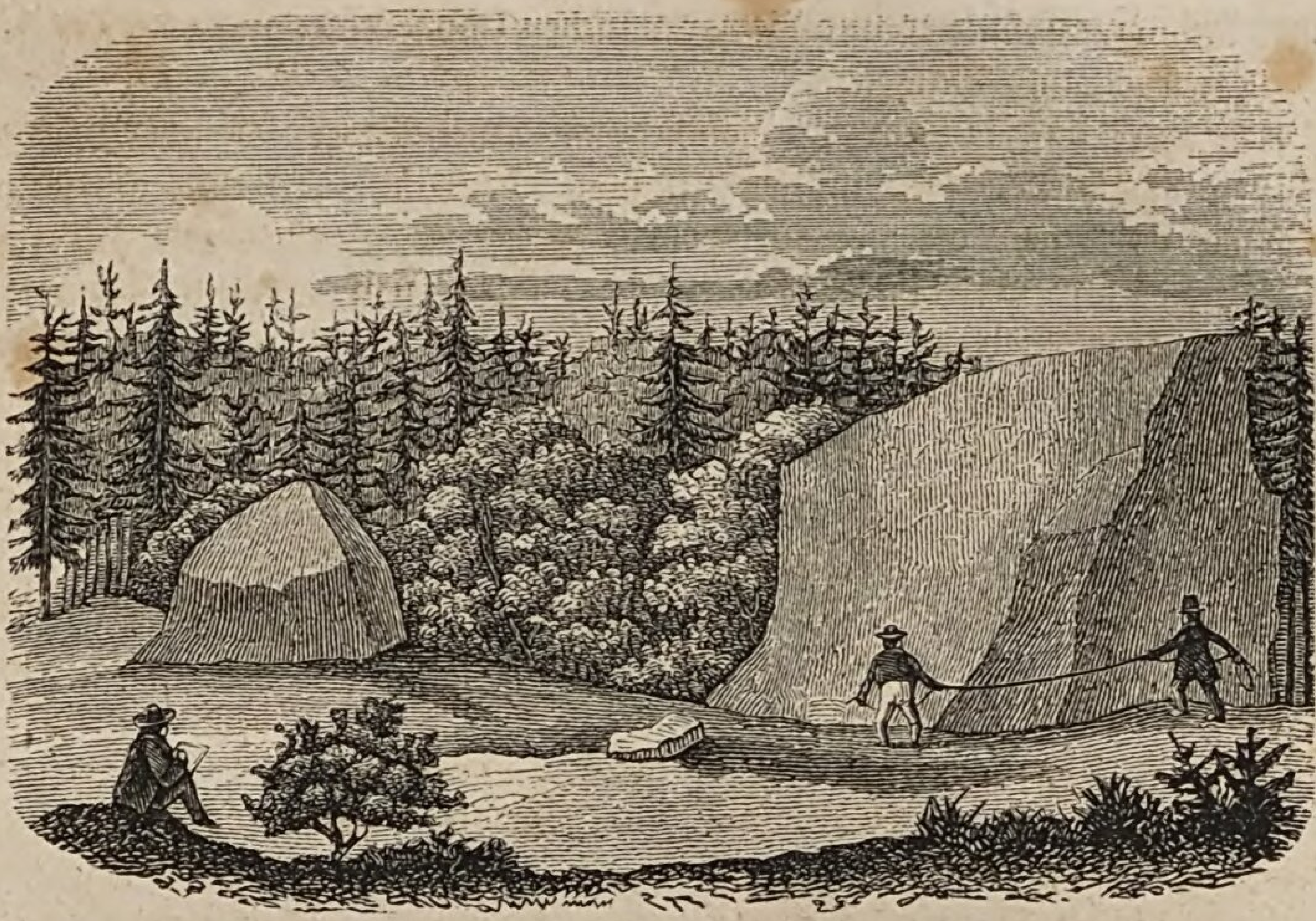


Fig. 258. Erratische Blöcke bei Fürstenwalde. (Die Markgrafensteine).

Gewöhnlich ist aber das Gold den ältern Gesteinen so fein eingesprengt und kommt darin so wenig und so vertheilt vor, daß sich keine direkte Gewinnung desselben belohnt. In jedem Kubikfuß Sand des Ederflusses beträgt der Goldwerth etwa 2 Heller. Das in diesem Sande vorkommende Gold ist ursprünglich mit Zinnober, Magneteisen, Kupferkies und kleinen Sapphiren, im Kieselschiefer der Steinkohlenformation jedoch in so geringer Menge eingewachsen, daß Hunderte von Kubikfußen desselben kaum den Werth von 2 Heller Gold haben. Doch kommt es darin stellenweise, z. B. bei Corbach, auch in größern Stückchen sogar als Pseudomorphose nach Spatheisenstein vor; ein Beweis seiner spätern Entstehung.

In Kalifornien befindet sich das Gold in Verwachsungen mit Quarz, welcher aus goldführenden Quarzgängen älterer Gesteine abstammt; in andern Gegenden wird es mit Arsenik- und Schwefelkies verbunden im Diorit und Diabas angetroffen. Diese Gesteine enthalten nur Spuren von Gold; sobald aber jene Arsen- und Schwefelmetalle verwittern, sobald bei dem Zerfallen der Gesteine die leichteren, unhaltigen Mineralien fortgespült werden, bleibt das schwerere Gold angereichert im Sande zurück.

Die Hand der Natur hat also auch hier dem Menschen vorgearbeitet; sie hat das Gold aus seinen ursprünglichen Lagern herausgenöthigt, durch fallende Regentropfen die Fluten der Bäche ausgewaschen und auf einzelnen Punkten angesammelt. Deshalb sind diejenigen Klüfte, die das Felsgestein, worin das Bett der Bäche liegt, quer durchsetzen, deshalb ist der Sand der Flüsse an solchen Punkten, wo eine rasche Strömung bestand, besonders reich an Goldsand.

Viele Millionen Thaler werden jährlich aus den Goldseifen Brasiliens, Peru's, Kaliforniens, Sibiriens, Indiens, Afrika's und Australiens gewonnen; die

Griechen, Römer, Phönizier und Perser wuschen schon Gold aus europäischen und asiatischen Flüssen und Bächen.

Es ist klar, daß je nach der Beschaffenheit der Muttergesteine die Begleiter des Goldes verschieden sein müssen, immer aber findet es sich mit schwarzem Magneteisensande; sehr oft mit Sapphir, Korund, Topas und andern Edelsteinen, seltener mit Platin, Palladium, Osmium, Rhodium und Iridium und noch seltener mit Diamant.

Die kalifornischen Goldsande bestehen aus Quarzgeröllen, mit welchen Arsenkies verbunden ist; sie überlagern eine Tertiärbildung, worin das Gold in Quarz festgewachsen sitzt, und ältere Gesteine, aus denen es ursprünglich abstammt, denn auch jener Fels der Tertiärzeit war ehedem angeschwemmter Sand.

In Ostindien liegen Gold, Edelsteine und Diamanten in einem mürben Quarzconglomerate, welches den (wahrscheinlich tertiären) Sandsteinen der Nalla-Malla-Gebirge untergeordnet ist. Die Bäche und Flüsse zerbrechen dieses Conglomerat und führen Gold und Edelstein in die goldreiche Ebene von Golkonda herab. Die Ebene am Fuße des Altai und Ural in Sibirien werden ebenfalls von reichen Goldsandlagern bedeckt. In diesen Gegenden scheint das Gold ursprünglich in Diorit, Grünstein und Grauwacke vorzukommen, aus deren Zerfallen jene Goldseifen entstehen. In Sibirien sind die Diamanten selten, sie liegen nur in einem eisenschüssigen Quarzconglomerate, welches dem brasilianischen ähnlich ist. Platina wird daselbst häufiger gefunden.

Die brasilianischen und peruanischen Goldseifen entstanden durch die Zersetzung eines Quarzgesteines, welches Itakolumit genannt wird, dessen Alter jedoch noch unerkannt geblieben ist. In diesem Gesteine sollen auch Diamanten liegen, so daß es als deren Muttergestein betrachtet wird. Alle im Handel vorkommenden brasilischen Diamanten werden jedoch aus einem die Goldseifen begleitenden eisenschüssigen Quarzconglomerate gewonnen.

Die australischen Goldseifen sind die ergiebigsten, weil sie noch unangetastet den Europäern aufbewahrt, in einem völlig kulturlosen Lande lagen. Dort findet sich das Gold zuweilen in centnerschweren Stücken im Quarzsande und Conglomerate, verwachsen mit Quarz.

Platinsand kommt am La Plata-Strome vor; er unterscheidet sich nur durch sein Metall von dem Sande der Goldseifen.

Quecksilberseifen kommen in Portugal und Spanien vor; sie scheinen entstanden zu sein in Folge der Abspülung der Quecksilberlager dieser Länder.

Lehm und Löß welche den Quartärbildungen eigenthümlich sind, entstehen aus der Zersetzung feldspath- und labradorhaltiger Gesteine durch Verwitterung, sowie aus dem Zerfallen thoniger und kalkigthoniger Gebirgsarten. Das Regenwasser spült die losgebröckelten Stäubchen und Körnchen an den Gehängen herab; sie sammeln sich gern auf Rasenboden und verschlämmen dabei allerlei kleine im Rasen lebende Schneckchen und andere Thiere. Da die Graspflanzen diese Bodenauffüllung lieben, wachsen sie beständig wieder durch; die Ansammlung dauert so lange als Material zugeführt wird und die Rasendecke unverletzt bleibt.

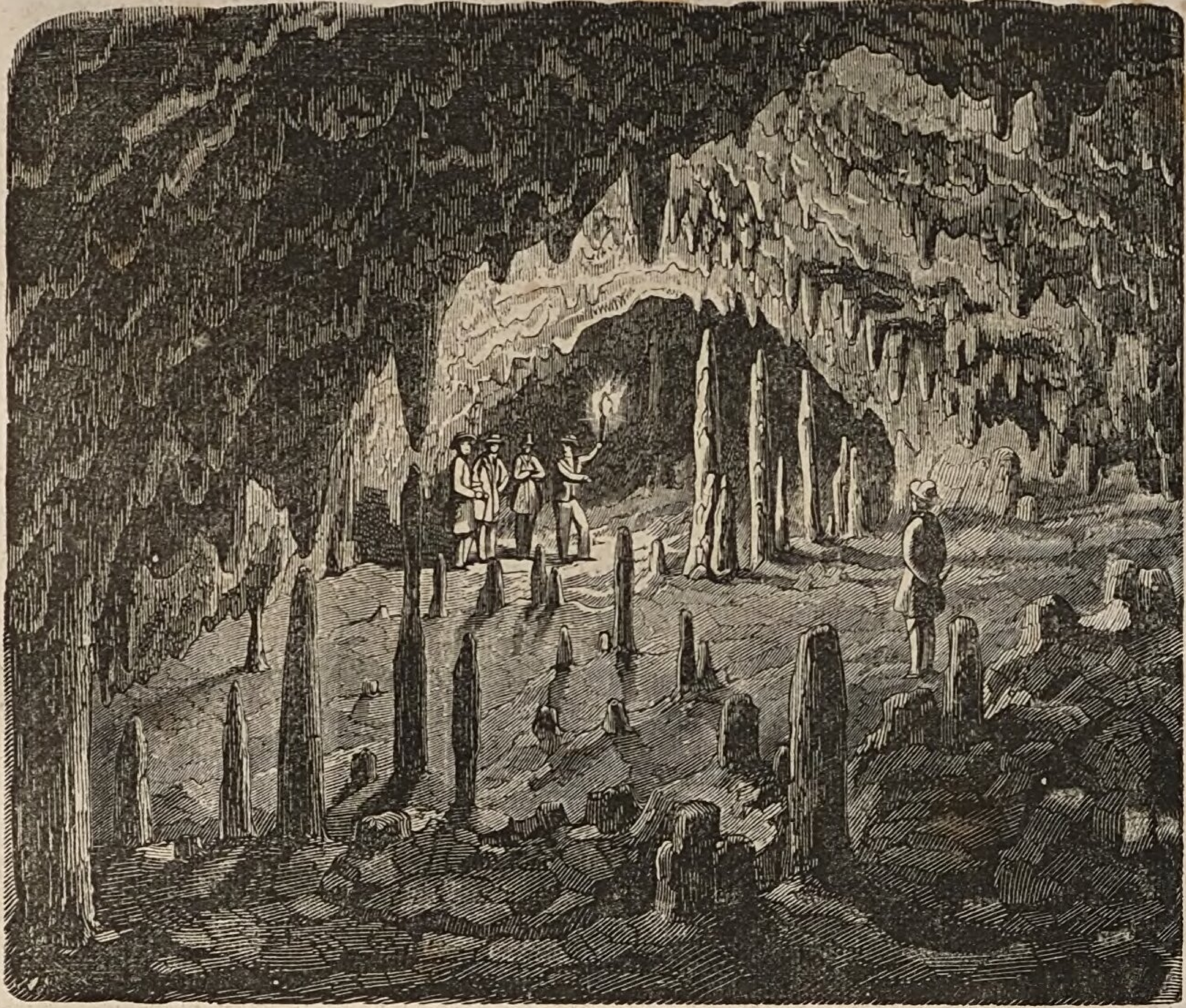


Fig. 259. Die Sundwighöhle in Westfalen.

Deshalb kommt der Lehm und Löß von so manchfaltiger Zusammensetzung und in den verschiedensten Höhen vor; deshalb ist er im Allgemeinen nicht als Absatz aus früheren Meeren oder Seen anzusehen. Allerdings findet sich auch hier und da Lehm als Flußabsatz, dieser ist aber schon auf zweiter Lagerstätte; er ist von den Bächen den Flüssen zugespült und setzte sich, mit Flußschneckenschalen vermischt, an ruhigen Stellen bei Ueberschwemmungen oder in neben den Flußbetten befindlichen Lachen und Sümpfen ab.

Die Schlammmassen, welche der Nil, der Ganges, der Rhein und andere Flüsse an ihren Mündungen ins Meer niederfallen lassen, sind kein Lehm, sie ähneln mehr dem Letten und Mergel, ihr Korn ist weit feiner als das des ersteren.

Der Wüsten- und Dünensand gehört ebenfalls zum Theil zu den aus abgenagten ältern Gesteinsresten zusammengeführten Quartärbildungen. Wir haben früher schon mehrfach auf die Großartigkeit dieser vom Winde zusammengehäuften Sandlager, unter denen einzelne Pflanzen, ganze Wälder, Thiere und Thierleichen, Wohnstätten von Menschen begraben werden, aufmerksam gemacht,

als wir ältere Sand- und Sandsteinlager mit ihnen verglichen. Ihre Ausdehnung und Mächtigkeit sind sehr beträchtlich; viele hundert Quadratmeilen Landes aller Welttheile sind Hunderte von Fußen hoch damit bedeckt. Die Wüstensande müssen hierzu gezählt werden.

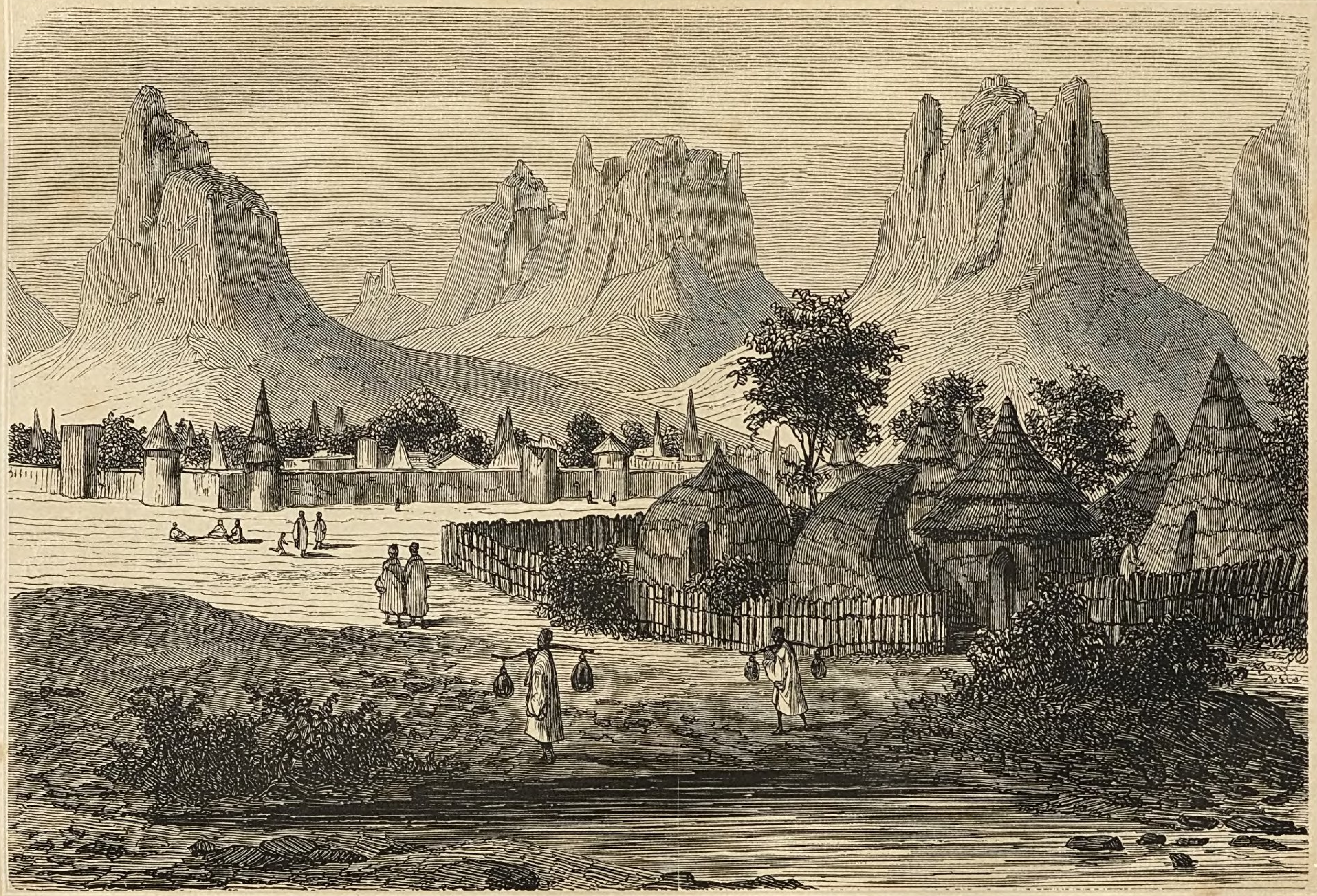
Außer diesen Glomeratmassen wurden und werden in der Quartärperiode auch Gesteine gebildet, zu deren Niederschlag aus dem Wasser chemische Kräfte mitwirken mußten: Kieselguhr-, Kalktuff-, Torf- und Eisenerzlager.

Die Kieselguhr entsteht aus der Ansammlung der Reste kieselerdehaltiger Pflanzen, namentlich der Diatomeen. Die in ihr angehäufte, in organische Formen gebrachte Kieselerde ist von jenen Pflanzen aus wäßriger Auflösung ausgeschieden. Solche Lager erreichten in Norddeutschland große Mächtigkeit und Ausdehnung, sie kommen aber auch anderwärts vor, und es entwickeln sich aus ihnen zuweilen geschichtete Polirschieferlager, worin Fischreste, Schneckenschalen und Pflanzenabdrücke umher liegen.

Der Kalktuff ist meistentheils Absatz aus kalkhaltigem Quellwasser. Der Kalk sammelte sich auf der Oberfläche von allerlei Wasserpflanzen an, welche ihn aus seiner wäßrigen Auflösung niederschlugen; deshalb bemerken wir in solchen Lagern so oft die Formen von Schleipen, Algen, Moos und andern Wasserpflanzen. Ward der Quellabsatz am Gehänge eines Hügels oder Berges über Moos gebildet, so enthält der Kalktuff nur Landschneckenschalen, Blätter und Aeste von Bäumen, Knochen von Landthieren. Fand er im Thale, in Sümpfen statt, so gesellten sich dazu allerlei Wasserschnecken, Lurche, Frösche, Schildkröten, Fische &c. Kalktufflager von großer Mächtigkeit und oft von weiter Erstreckung sind da nicht selten, wo sich kohlensäurereiche Quellen mit größerem Erdengehalte ergießen. Es giebt in Italien, dem südlichen Frankreich, in Algerien und Syrien Quellen, welche Hügel und sehr ausgedehnte Travertin- (Kalktuff-) Ablagerungen erzeugt haben. Auch in Schwaben, in Mittel- und Norddeutschland sind solche Ablagerungen, in denen Knochen und Zähne von Mammuth und Rhinoceros liegen, sehr verbreitet.

Von den Raseneisenerzen war oben schon die Rede; sie entstehen, wenn in einem Sumpfe oder am Rande einer Quelle der durch das Pflanzenleben erzeugte Sauerstoff die im Wasser gelösten kohlensauren Eisensalze als Eisenoxydhydrat fällen. Der deutsche Norden hat viele solcher Lager aufzuweisen.

Der Torf, dieses für viele Länder so wichtige Brennmaterial, aus kleinen Sumpfpflanzen, Moos, Flechten, die Aeste senkenden Tannenarten, Gras, Schilf und deren im Moore ausnehmend weit wuchernden Wurzeln anwachsend, ist der erste Anfang aller Kohlenbildung, auch derjenigen, welche wir im Vorhergehenden als Braun- und Steinkohlen kennen lernten. Der Torf enthält in die Sümpfe gefallene Baumstämme, nebst denjenigen, welche auf dem Moor wachsend in ihn versanken; er ist in dieser Hinsicht ein Herbarium für die nächste Umgebung. Wer seine Entwicklung verfolgen will, hat gute Gelegenheit in den Alpen, im Schwarzwalde, am Harz und Erzgebirge, aber auch in den bayrischen und württembergischen Moosen, in der norddeutschen Ebene, in Irland, Schottland, Sibirien, in Nordamerika, selbst bis in die warme Zone herab.



Trachytfelsen von Hombori im Sudan.

 Leipzig: Verlag von Otto Spamer.

In der Quartärformation wird ebenfalls Steinsalz in mächtigen Lagern angesammelt; wir sehen es als Rückstand der Verdunstung in vielen Landseen entstehen, welche inmitten salzreicher Steppen liegen, so im südlichen Rußland, in Afrika, in Nordamerika. Es ist kaum zu bezweifeln, daß alle älteren Salzberge ganz auf ähnliche Weise gebildet worden sind.

Zum Schlusse thun wir der Knochenhöhlen noch Erwähnung. In vielen ältern Kalkgesteinen treffen wir große Höhlungen, Auswaschungen durch Wasser an, in welchen Schutt, rother, thonartiger Schlamm und Kalksinter den Boden bedecken. Solche Höhlen, den die Naturschönheiten Aufsuchenden ihrer glänzenden Stalaktiten oder Tropfsteine wegen wohl bekannt, sind den verschiedensten Kalkgesteinen aller Formationen eingesprengt, in Westfalen (die Sundwighöhle, von welcher Fig. 259 eine Abtheilung darstellt), in Franken, Schwaben, in Krain, in Ungarn, in Schottland, in Nordamerika. Wir haben deren im ersten Bande öfters erwähnt; sie liegen zum Theil sehr hoch und haben seitliche Eingänge, zum Theil aber befinden sie sich auch in den alten Thalebenen und konnten bei senkrecht einfallenden Zugängen durch Fluten mit Wasser gefüllt werden. Dem Geologen sind solche Höhlen der in ihnen auffindbaren Knochen wegen beachtenswerth. Diese Knochen liegen in den rothen Thonschlamm eingebettet und sind durch den Kalksinter bedeckt. Manche Höhlen enthalten nur Bären=, andere nur Hyänenknochen; bei letztern finden sich angenagte, zerbissene Knochen des Raubes. Hieraus darf geschlossen werden, daß jene Thiere in ihren Wohnstätten begraben liegen, daß die Bären andere Höhlen als die Hyänen bewohnten. Andere Höhlen, namentlich die mit senkrechten Spalteneingängen, sind offenbar von zugespülten Knochen von allerlei Thierleichen erfüllt, zwischen denen Land=, Süßwasser= und selbst Meerconchylien liegen.

In einigen Höhlen Frankreichs und Deutschlands fand man in dem rothen Thonschlamme sowol als in den Kalksinter eingewachsene Knochen und Zähne von Menschen nebst Thongeschirren sehr roher Bearbeitung oder andere Produkte, woraus man folgern will, daß der Mensch noch mit dem Rhinoceros incisivus, dem Mammuth, dem Ursus arctoideus und andern ausgestorbenen Thierarten zusammen die Erde bewohnt habe. Dieser Schluß ist nicht ganz sicher, da jene menschlichen Reste sammt den sie begleitenden Kunstprodukten in Folge des Begräbnisses in jene tiefere Schicht hinab gekommen sein können.

In Spalten und Klüften, in welchen ebenfalls sehr oft Knochen von Rhinoceros, Mammuth, Hyänen, Löwen, Affen, Bären und vielen anderen Thieren gefunden werden, hat man eben so wenig als in den knochenführenden Schichten der quartären und tertiären Gesteine jemals einen Menschen gefunden. Dessen Reste kommen nur, wenn sie nicht durch Vergrabung tiefer eingescharrt sind, in solchen Schichten vor, welche sich unter unsern Augen noch fortentwickeln, als im Torfe, im Kalktuffe, in kalkig= sandigen Conglomeraten am Meeresgestade, in vulkanischen Tuffschichten.

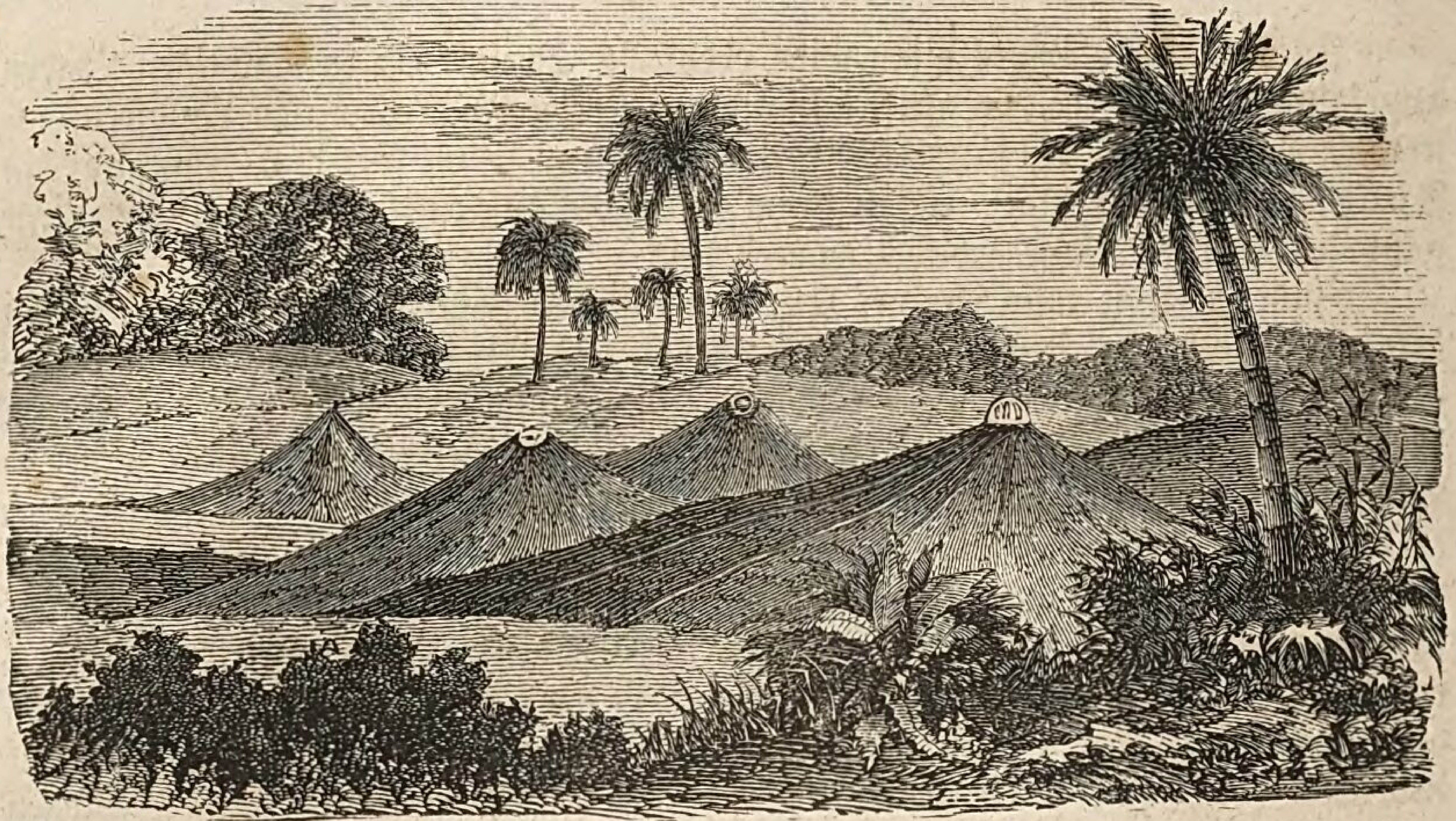


Fig. 260. Die Schlammvulkane von Carthagena.

2. Eruptive und vulkanische Gebilde der Quartärformation.

Die vulkanische Thätigkeit des Erdkörpers wirkte von den ältesten Zeiten an ununterbrochen fort. Tuffschichten, Lavaströme wurden ausgeworfen und flossen aus; sie verbreiteten sich in Lagern zwischen den Schichten der, Versteinerungen umschließenden Sedimente. Die vulkanischen Tuffe nahmen selbst Thier= und Pflanzenreste in sich auf und bilden dadurch ein vermittelndes Glied zwischen den Laven und den Niederschlägen aus dem Wasser. Nicht weniger drangen eruptive Massen zu jeder Zeit aus den Tiefen herauf und erfüllten die Spalten im Gesteine der obern Erdrinde, welche ihnen als Wege zu ihrem Austritte dienten. Da nun aber zugleich der Stoffwechsel in allen Gesteinen thätig ist, da er ältere Gesteine weiter verändern mußte als jüngere: so kann es nicht beirren, wenn wir sehen, daß die jüngeren Laven den unter unsern Augen gebildeten auch im äußern Ansehen näher stehen als die älteren, in denen die kleinsten Stofftheilchen (Atome) Zeit fanden, sich unter der viele Jahrtausende dauernden Wirkung der Anziehungskräfte anders zu ordnen und neue Mineralarten zu bilden. Jene Unterschiede beziehen sich jedoch nur auf die äußeren Merkmale der Gesteine.

Die chemische Analyse erweist kaum einen erheblichen Unterschied in den allgemeinen Bestandtheilen (den Elementen) des Diorites, Diabasen, Gabbro's, Melaphyrs, Dolerites und Basaltes, welche die kieselerdeärmeren pyroxenischen Laven darstellen und unter den Felsiten, Trachyten und Obsidianlaven, welche die jeder Epoche eigenthümlichen, kieselerde= und feldspathreichen Obsidianlaven bilden.

Wir heben dies hervor, indem wir nochmals in Erinnerung bringen, daß das Alter der Laven oder anderer Eruptivgesteine sich nur ermitteln und feststellen läßt, wenn wir sie zwischen Sedimenten eingelagert finden, welche durch Versteine=

rungen gekennzeichnet sind, und bemerken, daß die Basalte und Trachyte Deutschlands und Ungarns deshalb zu der Tertiärformation gestellt wurden, weil sie zwischen Gebirgsschichten derselben eingelagert sind, weil ihre Tuffe tertiäre Versteinerungen umhüllen und weil über ihnen, d. h. auf ihrer durch Tertiärgestein nicht bedeckten Oberfläche, die Quartärformation bezeichnende Reste von Rhinoceros incisivus und Elephas primigenius (Mammuth) sehr häufig vorkommen.

Wir führen im beigegebenen Tonbilde dem Leser nochmals die interessanten Formen des Trachyt vor Augen, wie solche in den Homboribergen im Sudan unweit des Niger auftreten, obgleich wir noch darüber in Ungewißheit sind, welcher geologischen Periode diese Bildungen angehören mögen.

Die Thätigkeit der um das Mittelmeer liegenden Vulkane reicht in die Bildungszeit der Tertiärformation hinab; sie war während der Quartärzeit nicht unterbrochen und ist noch heute in voller Kraft. Gleiches Alter mögen die Vulkane Islands, der Kap Verdischen Inseln, der Azoren, Südamerika's besitzen. Die letzteren, sämmtlich mit ihren Gase ausströmenden Kratern auf bedeutender Höhe liegend, sind vielleicht im letzten Stadium ihrer Thätigkeit angelangt; sie werden mit der Zeit durch andere dem Meeresniveau nähere Ausbruchstellen ersetzt werden und dann ein der Alpenkette der alten Welt zu vergleichendes, aus krystallinischen Gesteinen zusammengesetztes Hochgebirge darstellen. Die vulkanischen Tuffe und Laven Oberitaliens, des Kirchenstaates und Calabriens betrachten wir als die Erzeugnisse der in der Quartärzeit versiegten Lavaquellen. Diese Gesteine sind von den Laven und Tuffen des Vesuvs nicht zu unterscheiden; sie entstanden aber in vormenschlicher Zeit und enthalten niemals Reste von Kunstprodukten, welche in den neuern Laven und Tuffen nicht fehlen.

Die pyroxenischen Laven dieser Gegenden sind dem Basalte oft sehr ähnlich, sie umschließen, wie die zugehörigen Tuffgesteine öfters Leuzit, der sich auch schon in tertiären Laven der Eifel findet. Die trachytischen Laven sind vom ältern und jüngern Trachyte kaum zu unterscheiden. Bimsstein, welcher auch schon in der Tertiärformation Hessens und der Rheinlande eintritt, fehlt nicht.

Diese vulkanischen Gesteine sind großentheils horizontal gelagert; die Laven durchsetzen die Tuffe gangförmig, was sich besonders deutlich an dem erloschenen Vulkane Vultur in Calabrien darstellt. Sie sind der Sitz von Fumarolen oder Ausströmungen vulkanischer Gase, hoch erhitzter Wasserdämpfe, von schwefligsaurem Wasserstoffgase und von Kohlensäure, welche die Gesteine in Thon und Schlamm umwandeln, in denen sich Kieselsinter, Gyps, Schwefel, Schwefelkies und allerlei andere Mineralien entwickeln. An dieselben schließen sich die Schlammvulkane an, die sich in verschiedenen Theilen der Erde verbreitet finden. Das Anfangsbild dieses Abschnittes stellt die Schlammkegel dar, die in der Nähe von Carthagena in Centralamerika sich inmitten einer sumpfigen Ebene erheben und deren Ergüsse stetig und gleichmäßig vor sich gehen. Diese Fumarolen- und Quellbildungen stellen somit zum Theil die metamorphosirten Gesteine der Quartärzeit dar, und zeigen, daß die Umwandlung aller Gesteine erst in Zeitperioden stattfindet, welche auf ihre Entstehungsepoche folgen.

Schlußbemerkungen.

Wir sind hiermit an der Grenzmarke der Epoche angelangt, in der ein vorher nicht vorhandenes Wesen, der Mensch, auf der Erde erscheint. Mit ihm finden wir viele Thier- und Pflanzenarten gleichzeitig, welche in frühern Perioden schon ausgebildet vorhanden waren, nebst vielen andern neuen, welche zum Theil die in vormenschlichen Zeiten vergangenen und ausgestorbenen ersetzen.

Auch unter den Augen der Menschen entstehen noch Gesteinschichten; wir sehen täglich die Naturkräfte thätig, wir sehen sie das Vorhandene umbilden und den gegebenen Stoff in neue Formen bringen. Die Art und Weise dieser Thätigkeit der Naturkräfte unterscheidet sich, wie wir aus den Wirkungen erkennen, keineswegs von jener der frühern Zeiten. Die Gerölle, der Sand, der Thon entstehen heute noch durch die Bewegung des Wassers, wie am Anfange der paläozoischen Periode, derjenigen, mit welcher wir die Geschichte der Erdentwicklung beginnen können. Heute noch scheiden Thiere und Pflanzen den Kalk, die Kieselerde auf dieselbe Weise, wie damals, aus der durch Kohlensäure vermittelten wäßrigen Auflösung ab, um sie als Fels zu befestigen. Das chemische Gesetz, wonach die Stoffe sich verbinden, wodurch die Metamorphose der Mineralien und ganzer Gebirgsketten geregelt ward, die Thätigkeit des Erdkörpers, welche die Laven aus den in den Tiefen vorhandenen Stoffen erzeugt und durch entwickelte Wasserdämpfe an die Oberfläche hebt, ist unverändert geblieben in allen den langen Zeiträumen, in denen nur die Formen der Pflanzen und Thiere manchfaltig wechselten.

In den vorhergegangenen Zeiträumen wirkte die Natur von keinem vernünftigen Wesen beachtet, in dem neuesten sieht der Mensch beobachtend auf ihr Getriebe. Ihm ist die Macht es zu verändern nicht gegeben; er kann das unter das Meer sinkende oder sich zu Bergen aufthürmende Land nicht in seinen Bahnen aufhalten; er kann nicht Wind und Wogen gebieten und den Lavaerguß nicht lenken, das chemische Gesetz so wenig ändern als das der Anziehung und Schwerkraft. Er sieht aber und erkennt! Er sieht die Naturkräfte, erforscht ihre Eigenschaften und benutzt sie zur Entwicklung seiner Wohlfahrt, er entnimmt der Erde seine leiblichen Bedürfnisse sämmtlich, und erkennt den Zusammenhang in Gottes großem Werke.

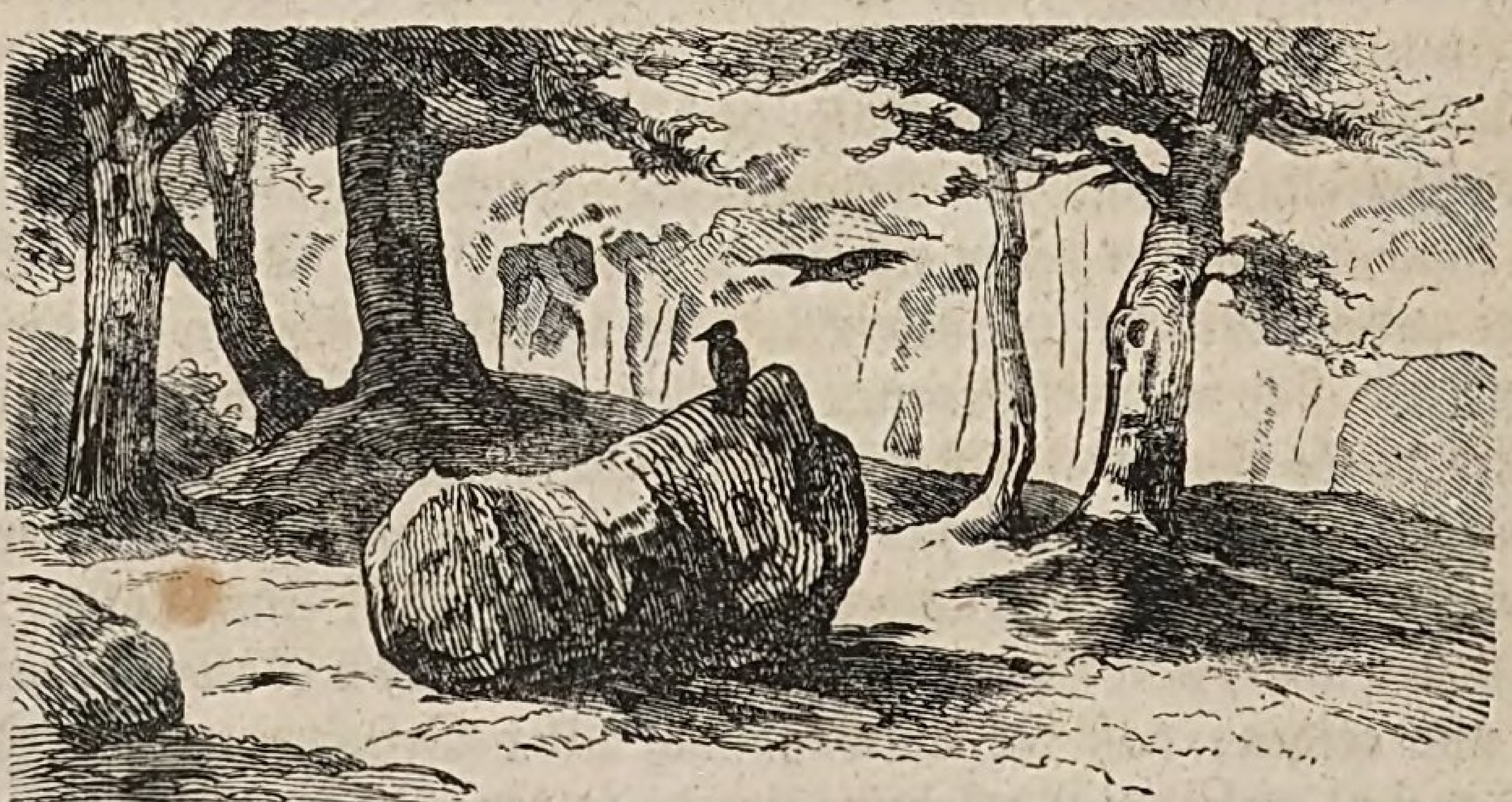




Fig. 262. Landschaft der Grauwackenperiode.
Auf dem Boden links Farne, vor diesen der kaktusartige Lomathophloyos. Am Wasser Stigmarien. Als Bäume zwei Arten Sigillarien, links im Hintergrunde Calamiten.

Fünfter Hauptabschnitt.

Die Entwicklungsgeschichte des Erdballes oder die Geogenie.

Alles, was sich entwickelt, hat einen Anfang. Da wir den Erdball in immerwährender Umbildung begriffen sehen, da wir durch die Versteinerungskunde und Geognosie belehrt werden, daß er verschiedene Stufen der Ausbildung zurückgelegt hat, so schließen wir: auch die Erde hat einen Anfang, ihr, wie dem Planetensysteme, mit welchem sie gemeinsam die Sonne umkreist, ward einstmals ein erster Tag gesetzt. Wann und wie war dieser Anfang? Wir wissen es nicht und werden es kaum jemals wissenschaftlich erforschen, denn wir können den Hergang durch Beobachtung weder erfahren noch prüfen, so groß der Reiz auch ist, welcher in dieser Frage liegt. Nur allein durch Schlußfolgerungen sind wir im Stande uns eine Vorstellung zwar nicht von dem ersten Beginn, wohl aber von der allmäligen Entwicklung des Weltengebäudes, sowie der Erde zu machen.

Die Astronomie, die Wissenschaft des Himmelsraumes, erforscht der glänzenden Sterne unzählbares Heer, mißt und berechnet deren Bahnen. Die in neuerer Zeit sehr vervollkommneten Teleskope (Fernrohre) ziehen manchen Stern in größere Nähe, so daß eine deutlichere Ansicht seiner Oberfläche erlangt wird.

Was früher dem unbewaffneten Auge als Lichtfleck und Nebel erschien, das zeigt sich jetzt als ein Sternhaufen im Fernrohr. Die Polaroskope erlauben ein Urtheil über die Art des von den Sternen zu uns gelangenden Lichtes; die genauesten Messungen und Bestimmungen der Bahnen aller sich bewegenden Gestirne bestätigen die nach den Grundsätzen der Mechanik, Physik und Mathematik gezogenen Folgerungen über die Anziehungskräfte, über Bewegung und Schwere. Wir sehen nun mit bewaffnetem Auge nie geahnte Erscheinungen am Firmamente, aber wie ein Stern, eine Welt entsteht, das hat noch Niemand gesehen.

Sobald eine Voraussetzung (Hypothese) über das Wesen längst vergangener Zustände der Erde sich auf willkürliche Annahmen stützt und den Eigenschaften der Dinge, welche sich heute als deren Gesammtausdruck darstellen, widerspricht, muß sie verworfen werden. Träume und Fabeln über die Entstehung des Sonnensystemes und der Welt können uns nicht dienen.

Die Grundgesetze der Natur, welche die Wissenschaft in der Chemie, Physik und Mechanik zusammenfaßt und auf welche hin die Stoffe sich bewegen, sind unveränderlich; sobald eine einzige verlassen werden könnte, würde das All in sich zerfallen. Soweit diese Grundlagen der Natur erforscht sind, können Schlüsse darauf begründet werden. Die Planeten des Sonnensystems liegen in einer Scheibe, welche sich um die Sonne dreht. Sowol diese letztere als auch die Planeten laufen in einer und derselben Richtung um ihre Axen, die Richtungen, in denen die Planeten ihre Bahnen verfolgen, stimmen überein. Wir schließen hieraus, daß diese Körper sämmtlich durch eine und dieselbe Anregung ihre Bewegung erhielten und von Anbeginn an zusammen gehören, daß keiner ohne den andern bestehen kann. Um die Sonne läuft die Erde ihre elliptische Bahn, und da die Einwirkung der ersteren die Jahreszeiten regelt, so muß, so lange die Erde diese Bahn verfolgt, zwischen Pol und Mittagslinie (Aequator) eine Wärmeverschiedenheit stattgefunden haben, mit andern Worten, die klimatischen Unterschiede der Zonen sind so alt als die Erde. Der Mond umkreist die Erde und aus der Axendrehung der letzteren, sowie aus dem Stande des Mondes entspringen die täglich wiederkehrenden Bewegungen des Meerwassers, welche wir Ebbe und Flut nennen. So lange der Mond seine Bahn um die Erde verfolgt, und auf der letzteren Wasser fließt, müssen alle daran geknüpften Folgen bestanden haben und also Ebbe und Flut.

Die Kalkerde besteht, wo wir sie finden, aus derselben Menge Kalzium und Sauerstoff. Sie vereinigt sich mit denselben Mengen Kohlensäure; diese Kohlensäure kann durch andere Säuren ersetzt werden und es geschieht dies unter denselben Verhältnissen stets auf dieselbe Weise. Da bei allen andern Stoffen eine gleiche Beständigkeit ihrer chemischen Eigenschaften erfahrungsmäßig feststeht, so darf wol behauptet werden, daß sie alle, so lange sie sind, diejenigen Merkmale besaßen, welche wir heute an ihnen wahrnehmen.

Sobald wir zur Unterstützung einer Voraussetzung auch nur eine einzige Eigenschaft der Dinge anders annehmen müssen, als wir sie durch Beobachtung erfahren und erkannt haben, so ist jene Voraussetzung unnatürlich und kann nicht bestehen. Die Naturwissenschaften sind bei weitem noch nicht so ausgebildet, daß

sie zur Erklärung aller irdischen Verhältnisse ausreichen. Die Ausfüllung der Lücken ist die Aufgabe erneuter Forschung. Jedenfalls aber fördert es weiter zu bekennen: „diesen Vorgang vermag die Wissenschaft auf ihrem jetzigen Standpunkte noch nicht zu erfassen und zu erklären", als eine kühn erfundene, auf wenige Beobachtungen schwach gestützte Hypothese aufzustellen oder gar eine solche auf falsche Ansichten zu begründen. Der letzte Weg erschwert und hindert jede unbefangene Untersuchung. Es hat für die Phantasie dessen, der zuerst an die Untersuchung über die Entstehung der Erde herantritt, etwas sehr bestechendes, sofort ein theoretisch fertiges Gebäude in einer Hypothese geboten zu erhalten; allein sein Blick wird dadurch getrübt, seine Forschungen werden von vorn herein einseitig, sein Urtheil in höherem Grade dem Irrthum ausgesetzt.

Wir dürfen deshalb die Geschichte der Erde mit keiner Mythe beginnen; wir sind außer Stande, der Theorie, welche das Sonnensystem aus einer kreisenden Nebelscheibe entstehen läßt, zu folgen, so geistreich eine solche Auffassungsweise auch sein mag; wir bekennen, daß uns die jetzige Naturwissenschaft sowol über den Anfang der Stoffe, als auch über den des Sonnensystemes und des Erdballes vollkommen in Ungewißheit läßt.

Nach dieser unserer Auffassung können wir die Erzählung der Geschichte der Erde erst beginnen mit dem Entstehen der ersten, Versteinerungen enthaltenden Sedimente; denn von da ab besitzen wir Nachweisungen, welche uns über den Bau der Erdoberfläche belehren. Leider sind aber auch hier noch die Beobachtungen sehr dürftig; sie genügen noch bei weitem nicht, um nur ein annähernd richtiges Bild eines kleinen Erdtheiles, Europa's, zusammen zu setzen, viel weniger um eine Vorstellung von den Entwicklungsstufen des ganzen Erdballes zu erlangen. Was wir mit Bestimmtheit über frühere Perioden wissen können, bezieht sich auf die stoffliche Zusammensetzung der Erdoberfläche. Soweit wir durch Bergbau und Bohrlochsabteufen in die Erdrinde eingedrungen sind (d. h. etwa 4000 Fuß oder hochgeschätzt ein Fünftheil einer Meile, oder noch nicht ganz den viertausendsten Theil des Halbmessers der Erdkugel), besteht dieselbe aus den Gesteinen, welche wir im ersten Bande aufgezählt haben. In diesen Gesteinen herrschen Sauerstoff, Kiesel, Aluminium, Kalzium, Kohle und Wasserstoff entschieden vor; in zweiter Reihe stehen Chlor, Eisen, Magnesia, Schwefel, Kalium und Natrium; in dritter und vierter die andern Elemente. Sie bilden Wasser, Kieselerde, Silikate, Kolensäure und schwefelsaure Salze, Chlorverbindungen, Schwefelmetalle und andere Mineralien, welche nach den Grundlagen der chemischen Wahlverwandtschaften geordnet sind, darnach auf einander einwirken und sich gegenseitig ersetzen. Aus dem Kampfe der Stoffe unter sich, aus ihrer Verschlingung geht beständig das Neue hervor, während das Alte gewissermaßen aufgebraucht wird. Die Aufeinanderfolge der Mineralien, die Art und Weise, wie sie im Gesteine unter Beihülfe des Wassers, der Säuren und Gase, der Wärme, der Elektricität und des Magnetismus ihre Atome anders anordnend aus einander entstehen, ist heute noch nicht hinreichend erkannt. Ein Gebirgsstück kann, ohne daß die an seiner Bildung Antheil nehmenden Stoffe sich wesentlich vermehren oder vermin=

dern, eine vollständige Umwandlung in seinem äußeren Wesen erleiden, wenn sich diese seine Bestandtheile in andrer Weise gruppiren, wenn sie krystallinisch werden. Wenn ein feinerdiges Gemenge von Kiesel-, Thon-, Kalkerde, Eisenoxyd und Kali in dem Mengen-Verhältnisse zusammengespült ist, welches die Zusammensetzung des aus Quarz, Feldspath und Glimmer bestehenden Gneuses darstellt, so wird, sobald die genannten Stoffe sich zu jenen Mineralien gruppiren, das äußere Ansehen verändert: aus dem, was wir vielleicht Thon nannten, wird ein krystallinisches Silikatgestein. Diese Umänderung der äußern Form geht aber sehr allmälig von statten; sie hat verschiedene Zwischenstufen, welche die Geognosten mit neuen Namen belegt haben. Kommen während der Zeit, in welcher die Bestandtheile sich neu gruppirend ihren Ort innerhalb der Schicht wechseln, von außen neue Stoffe hinzu, oder werden einige Bestandtheile zum Theil oder ganz entführt, so ist das Endergebniß Gneus mit einigen accessorischen oder Uebergemengtheilen, im andern Falle ein solcher, welcher an einem seiner Hauptbestandtheile Ueberfluß oder Mangel hat. Indem wir durch dieses Beispiel alles dasjenige in die Erinnerung zurückrufen, was wir im Vorhergehenden über die Metamorphose der Gesteine besprochen haben, wollten wir zugleich daran erläutern, daß die auf den Stoffwechsel in den Gesteinen gerichteten Studien einen bedeutungsvollen Theil der Erdentwicklungsgeschichte behandeln. Diese Studien haben aber noch einen sehr geringen Umfang und können deshalb weder zur Aufstellung eines auf Erfahrung beruhenden allgemein gültigen Systemes der Gesteinsmetamorphose, noch zur Ermittelung des Urzustandes der Erde, geschweige denn des Sonnensystemes dienen. Wir stehen hier ebenfalls erst an den Pforten der Erkenntniß; der Weg zur Wahrheit ist weit und mühevoll! —

Wenn die von dem Forscher in den Naturwissenschaften gesammelten Erfahrungen es zur Gewißheit erheben, daß krystallinische Schiefergesteine durch Umwandlung Versteinerungen umschließender Kalke, Thone und Sande entstehen können; daß im Innern von Thier- und Pflanzenversteinerungen wasserfreie Silikate, als Granat, Feldspath, Hornblende, Glimmer entstehen konnten, ohne daß die Gestalten jener organischen Reste sich veränderten; daß auch die Kieselerde, Metalloxyde und Schwefelmetalle in die Formen organischer Wesen eindringen und deren ursprünglichen Stoff ganz und gar verdrängen können: so werden selbst diejenigen krystallinischen Silikatgesteine, welche sich als die Unterlage der ältesten bekannten Sedimentformation erweisen, für umgewandelte Sedimente angesehen werden dürfen. Was sie vorher waren, bleibt uns wol für immer dunkel. Sie sind der Boden, auf welchem die für unsere Erkenntniß ältesten Thiere und Pflanzen lebten und wuchsen.

Als sich jene Schichten, welche wir zur Silurformation zählen, am Grunde des Meeres, am Strande, auf Untiefen, in Korallenriffen und auf dem Festlande ablagerten, war über den Theil der nördlichen Halbkugel, den jetzt Europa und Nordamerika decken, ein Meer ausgebreitet; ein Meer, aus welchem Inseln hervorstanden. Von diesen Inseln wurden Gesteintrümmer, Schlamm, Sand und Geröll abgespült; es gelangten damit selbst Landpflanzen in die salzige

Flut. Das Festland selbst mußte aus sehr manchfaltigen Gesteinen bestehen, denn die Sedimente der Silurformation sind sehr abweichend zusammengesetzt. Es sind glimmerreiche, eisenschüssige Sandsteine, Geröllablagerungen, feine Thone und Thonschieferbreccien, kohlenreiche Schiefer und Kieselschiefer, kalkige Mergel und Kalksteine, welche keineswegs aus Kaltschlamm entstanden, sondern deren Masse durch Korallenthiere, Muscheln und Pflanzen aus der wäßrigen Auflösung niedergeschlagen wurden. Dazwischen beobachten wir vulkanische Gesteine, Tuffe und Laven, welche als solche zu gewissen Zeiten aus der Tiefe gehoben und zwischen den Niederschlägen aus dem Meere abgelagert wurden.

Selbst Steinkohlenflötze sind in den Ablagerungen jener Zeit beobachtet, als die ältesten bekannten Torfbildungen, in deren Nähe, da sie wie alle andern Kohlenbildungen auf dem Festlande oder wenigstens in Strandlagunen wuchsen, vielleicht noch Landthiere jener Epoche entdeckt werden.

Alle diese Zustände erinnern lebhaft an die unserer Tage, so auch die Vertheilung der Thiere. Das am meisten untersuchte Terrain der Silurformation umfaßt die zwischen dem 65. und 35. Grade nördlicher Breite liegenden europäischen und amerikanischen Ablagerungen. Das Meer, in welchem sie entstanden, ist zu vergleichen mit demjenigen auf der südlichen Halbkugel, welches jetzt Vandiemensland und Neuseeland umspült. Auf diesen Inseln besteht eine Flora, vorzugsweise aus Farnen, sonderbaren Grasbäumen und einigen Palmen gebildet, welche derjenigen ähnelt, die Unger nach Bruchstücken versteinerter Pflanzen aus der Grauwackenformation entworfen und in einer Landschaft vereinigt hat. Wir haben in Vignette Fig. 262 dieses Landschaftsbild mitgetheilt. Es stellt die Küste einer von Felsgestein umgürteten Insel vor. Dem Meere entsteigt Rauch, welcher einem untermeerischen Vulkane entstammt und anzeigen soll, daß während dieser Periode wie während der unsrigen auch die Erdwärme sich an der Gestaltung der Erdoberfläche betheiligte.

In jenem Meere lebten die Thiere, deren wir oben schon ausführlicher gedachten. Das Litoralgebiet der verschiedenen Inseln ernährte aber damals eben so wenig überall eine gleiche Fauna, wie heute. Wir haben oben schon mitgetheilt, daß die amerikanischen Silurschichten nur 30 bis 50 Thierarten mit der europäischen gemein haben, d. h. unter 100 nur etwa 3 bis 4; es bestand damals wie heute schon eine die Art und Form der Thiere bestimmende Abhängigkeit vom Boden und von den Eigenschaften des Meerwassers.

Im Westen Amerika's lag zu jener Zeit vielleicht ein ausgedehntes Land, welches sich möglicherweise auch jenseits des 65. nördlichen Breitengrades erstreckte und die Eismassen und Kalkwasserströme des Nordpoles von unserem Silurmeere abhielt. Ein weit nach Süden offenes Meer sandte dagegen warme Wasserströme herauf bis an jene Küsten, und hierdurch schon konnte die Entwicklung von Korallenriffen, die wir heutigen Tags nur in wärmeren Zonen antreffen, begünstigt werden. In den Atolls der Koralleninseln fanden Orthoceratiten und das ganze Heer der Trilobiten bequeme Wohnstätten; auf den Riffen siedelten sich die wunderbaren Haarsterne an, und fanden die Brachiopoden erwünschte Gelegenheit sich fest zu heften.

Diejenigen Naturforscher, welche sich die Erde aus einem Nebel entstanden denken und dabei ein reichliches Maß von Wärme frei werden lassen, welche auf der anfangs glühenden Erdkugel allmälig und spät Niederschlag von Wasser sich ansammeln sehen und in diesem über der noch hocherhitzten Erdrinde stehenden warmen Meere eine in allen Zonen gleiche Fauna und Flora annehmen, halten sich für berechtigt, aus der eigenthümlichen Beschaffenheit der im bekannten Silurgesteine begrabenen Thierwelt zu folgern: daß die Natur damals die ersten Versuche zur Bildung der Thiere gemacht habe. Wenn es nicht bestritten werden kann, daß die Linien gleicher mittlerer Jahreswärme je nach der Lage und Form der Länder, je nach Lage und Zusammenhang der Meere von dem Laufe der Breitegrade abweichen; wenn ein Blick auf eine Isothermenkarte genügt, um zu erweisen, daß mehr als zehn Breitegrade von einander entfernte Orte gleiche mittlere Jahrestemperatur haben können, je nachdem sie an der Ost- oder Westküste eines Meeres oder im Innern eines Landes liegen: so dürfte noch bezweifelt werden können, ob gerade eine so gewagte Voraussetzung, als die ist, welche die Erde als eine anfangs glühende Kugel ansieht, erfordert wird, um die Ansiedelung riffbauender Korallen in einem unter dem 45° der Breite befindlichen Meere zu erklären.

Der Mangel an Landthier- und Vogelresten in jenen Schichten müßte sich dadurch erläutern lassen, daß eben auf den Inseln jenes Archipeles, wie auch auf dem oceanischen, nur eine geringe Anzahl von höheren Thierarten leben konnte, deren Reste entweder gänzlich verloren gingen, oder von den Sammlern noch nicht aufgefunden worden sind. Was sich während jener Epoche, welche wir als die silurische bezeichnet haben, auf der übrigen bei weitem größeren Fläche des Erdballes zutrug, hat jetzt durch Beobachtungen aus den Schichten nicht ermittelt werden können. Es ward noch kein Silurgestein in der tropischen Zone aufgefunden; ob also damals ein Unterschied zwischen den Bewohnern der dem Aequator nähern Erdgürtel und denen jenseits der Wendekreise bestand, ist noch nicht festzustellen gewesen. Dem in die Tiefen der Erdrinde eindringenden Forscher macht sich eine Wärmezunahme bemerklich, die nach allen bekannten Messungen und Erfahrungen der Oberfläche näher rascher wächst, als in größerer Tiefe. In dem Bohrloch von Grenelle nahm in den ersten 677 Fußen die Wärme jede $81^{6}/_{10}$ Fuß um einen Grad zu, in den folgenden 792 Fußen aber erst um je 123 Fuß. Diese Thatsache ist derjenigen Ansicht, welche der Erde einen feuerflüssigen Kern zuerkennt, gerade nicht günstig; denn man sollte meinen, daß die Wärme sich steigern und in kürzern Zwischenräumen um einen Grad wachsen müsse, je näher der Beobachter diesem glühenden Kerne kommt: so, wie es dem warmen Ofen zunächst am wärmsten im Zimmer ist und sich die Wärmegrade in größerer und größerer Entfernung davon schneller und schneller erniedrigen. Diese Wärme, mag sie nun durch den Stoffwechsel im Erdkörper oder in sonst einer Ursache beruhen, sie existirt, sie bewirkt manche die Oberflächengestaltung bedingende Erscheinungen, welche sowol heute als zu allen Zeiten ins Leben eingreifen.

Hebungen und Senkungen des Bodens, Lavaergüsse und vulkanische Vorgänge sind es, worauf wir hinweisen.

Hebungen des Bodens gehen mit den Senkungen stets Hand in Hand, die eine Erscheinung ist ohne die andere nicht zu denken, wenn wir dem Erdkörper nicht eine veränderliche Stoffmenge oder einen veränderlichen Durchmesser geben wollen. Lassen wir Senkungen entstehen in Folge der Erkaltung des heißflüssigen Erdsphäroides, so muß dessen Durchmesser kleiner und damit die Bahn um die Sonne verändert werden. Nehmen wir den feuerflüssigen Kern der Erde allmälig als Lavaströme heraus, ergießen ihn über die Oberfläche und lassen die Höhlungen im Innern leer, dann wächst der Durchmesser der Erde und sie läuft in kürzerer Zeit ihre Bahn um die Sonne oder wird weiter von derselben gedrängt. Ob je eine Veränderung der Erdbahn stattgefunden, ist noch nicht nachgewiesen, vielmehr sehr wahrscheinlich, daß sie sich noch nicht änderte, so lange dieser Planet die Sonne umkreist. Es muß also für das Wahrscheinlichste gelten, daß die Senkungen der Erdoberfläche da entstehen, wo der zu den Hebungen, den Lavaströmen und Aschenauswürfen verwendete Stoff in der Tiefe entnommen ward.

Die Geschichte der Erde zeigt uns einen beständigen Wechsel der sinkenden und in die Höhe wachsenden Punkte; es muß also auch ein entsprechender Wechsel zwischen Aufbrauch und Ansammlung der Stoffe in den Tiefen stattfinden. Wir bemerken denn auch schon in der Silurepoche diesen Wechsel.

Einzelne Schichten der silurischen Gesteine erlitten starke Hebungen; sie wurden, wie z. B. die des böhmischen Bassins, aus der ursprünglichen wagerechten in eine steil geneigte Lage gesetzt, in Mulden aufgebogen. Doch geschah diese Schichtenaufrichtung nur sehr langsam und währte noch lange, spätere Zeitperioden hindurch fort. Ueberhaupt darf die Vorstellung nicht Platz greifen, als ob die bezeichneten von den Geologen angenommenen Formationsgrenzen wirkliche Abschnitte in der Erdentwicklung seien; als ob jedesmal durch ein gewaltsames Ereigniß das Ende oder der Anfang einer solchen Scene herbeigeführt worden. Nein, die Perioden verlaufen ununterbrochen und allmälig in einander; es könnten, wie wir oben bei Betrachtung der einzelnen Formationen gesehen haben, noch viele Zwischenperioden eingeschaltet werden, durch welche die schärfer bezeichneten Unterschiede zwischen je zwei auf einander folgenden Hauptperioden gänzlich verwischt wurden. Die Natur kennt keine Sprünge; sie geht den ruhigsten Gang. Sie bereitet vor, auch selbst alle die Ereignisse, welche uns als vernichtende, plötzlich eintretende erscheinen.

Sie hat mehrere hunderttausend Quadratmeilen große Stücke des Meeresbodens ganz gleichmäßig und allmälig durch Aufschwellung der Unterlage und Auffüllung von oben zu trocknem Lande werden lassen, wie die ausgedehnten, mit Silur- und Devongestein bedeckten Gebiete Nordamerika's und Rußlands; sie hat die Hebung dieser Flächen bewirkt, ohne die wagerechte Lage der Schichten wesentlich zu verändern. Die aus den Tiefen in eine höhere Lage gehobene Gesteinsplatte ist nur, weil sie jetzt eine etwas größere Kugeloberfläche bedecken muß, als vorher, in Stücke zersprungen, deren Grenzflächen sich als Thäler darstellen. Auf den Grenzflächen der geborstenen Gebirgsstücke fand die abnagende Atmosphäre Gelegenheit zur Zerstörung, die jeder Neubildung vorangehen muß. Das abge-

bröckelte Gestein ward von Fluten und vom Winde wieder in das Meer zurück getragen, um daselbst neue Schichten zu bilden. Aber es wurden auch Theile älterer Festländer wieder in den Ocean eingetaucht; Küstenstriche versanken, auf denen sich dann anfänglich mit Thierleichen und Pflanzenresten gemischte oder, wenn die Senkung des Bodens bis in solche Tiefen, in denen alles Thierleben erlischt, stattgefunden hatte, azoische (versteinerungslose) Gesteine niederschlugen.

Solcher Wechsel der Höhenlage aller Theile der Erdoberfläche ist zur Erhaltung der organischen Wesenwelt unerläßlich. Die Mineralbestandtheile, welche zur Erhaltung des Pflanzen- und Thierlebens erforderlich sind, werden aus den Felsgesteinen, aus der Erde allmälig aufgelöst und von den Flüssen dem Meere zugeführt. Dort gesellen sie sich den Niederschlägen wieder bei oder sie dringen in die Tiefen und verbinden sich mit den krystallisirenden Gesteinen. Im Vereine mit diesen und jenen Neubildungen gelangen sie wieder auf das Trockene, um abermals Landpflanzen und Landthiere zu nähren. Die Devonformation schließt sich der silurischen an. Die Schichten der ersteren liegen übereinstimmend mit denen ihrer Unterlage oder sie sind abweichend über letztere hingestreckt, oder endlich sie reichen weit über deren Grenzen hinaus und ruhen auf demselben krystallinischen Urgesteine, welches auch die Silurschichten unterteuft.

An der einen Stelle verlief also der Absatz der devonischen Formation ganz ungestört als unmittelbare Folge der Silurbildungen; an einer andern legte er sich über aufgerichtete und wieder untergesunkene Stücke älterer Glieder dieser Silurbildungen, auf solche Theile derselben, welche eine zeitlang über Wasser gelegen und deshalb die jüngern Silurbildungen nicht auf sich aufgenommen hatten; an noch andern Punkten endlich siedelten sie sich auf dem, während der Silurepoche als Festland bestandenen, nunmehr durch Bodenschwankung wieder Meeresgrund gewordenen Urgesteine an.

Wie die Senkungen und Hebungen langsam und allmälig verlaufen, wissen wir aus Beobachtungen, welche in unseren Tagen gesammelt werden konnten. Sie störten das Thierleben nicht plötzlich, aber sie veranlaßten Veränderungen in der Fauna, welche sich klar und bestimmt in den Versteinerungen der über einander liegenden Schichten aussprechen. Bei sinkendem Boden folgen den Landbildungen solche des Meeres, welche anfangs dem Strande, dann den tiefern und tiefern Zonen angehören, stets thierärmer und endlich thierlos (azoisch) werden. Bei sich hebendem Boden folgen auf azoische Gebilde solche mit Thieren tieferer Meeresbecken, dann die Bewohner der Küsten, endlich der süßen Wasser und des Landes.

Die Devonformation, welche die deutschen Gaue und Belgien bedeckt, erscheint in ihren älteren Gliedern durchgehends auf sinkendem Meeresgrunde entstanden, deshalb entwickelten sich in ihr auch mächtige Korallenriffe, deshalb legten sich ihre Schichten in ein eigenthümliches Faltensystem.

Das Meer, ausgebreitet über ein Land, das vorher als Insel bestanden hatte, war immer noch demjenigen Theile der Südsee ähnlich, in welchem Oceanien liegt. Auf seinem Grunde wuchsen Korallenriffe wie auf dem der Südsee. Orthoceratiten schwammen in den Atolls und im Schutze jener Riffe; einige Trilo-

biten gesellten sich ihnen zu, doch war diese Fauna eine ganz andere als die, welche in dem flachen Silurmeere Böhmens bestand; sie war abweichend von derjenigen, welche in den devonischen Schichten Rußlands und Englands oder gar Nordamerika's vorkommt. Das Meer umspülte in unsern Gegenden wenige Inseln, von welchen sich die eine aus den Vogesen durch den Schwarz- und Odenwald nach dem Spessart und Thüringerwald erstreckte, an deren Küsten sich rundum die Devonschichten ablagerten. Bleiben wir vorläufig in der Nähe dieser Insel. Sie stand unzweifelhaft aus dem Meere hervor, denn sie ist nicht von den Meeresabsätzen der Devonformation bedeckt. Ob und welche Thiere auf ihr lebten, ist unbekannt, Pflanzen aber existirten an ihren Küsten, welche sich in einzelnen Araukarien-, Coniferen-, Farn-, Calamiten-, Sagenarien- und Nöggerathien-Stämmen und Blättern in den Sedimenten noch vorfinden. Die Meerestiefen trugen eigenthümliche Fucusarten, welche sich in den Sandsteinen und Thonschiefern sammt den von ihnen niedergeschlagenen Schwefelkiesen ansammelten. Fische fehlten dem Meere nicht gänzlich; es sind bis jetzt aber nur wenige Reste davon aufgefunden worden, während die Küsten der Länder, an denen sich die Geröll- und Schuttmassen des Old red sandstone Englands, Rußlands und Nordamerika's vielleicht unter Beihülfe von Strömen anhäuften, Fische in so großer Menge ernährten, daß sich ganze Schichten mit deren Resten anfüllen konnten. Das amerikanische Festland lieferte sogar einige seiner Bewohner, kleine salamanderartige Thierchen, in jenes Meer.



Fig. 263. Sphenopteris laxus aus der Grauwackenformation.

Was im weiten Ocean den Küsten ferner sich damals regte und bewegte, werden wir vielleicht niemals erfahren; nur das ist gewiß, daß sich unter seinem Grunde eine Regung bethätigte, welche im Tiefsten Gestein umbildend, in der Höhe Gesteine spaltend, Aschenregen und Lavaergüsse vorbereitete. Erschreckt flohen die Bewohner des Meeres von jenen aus dem Grunde aufsprühenden chemischen Produkten des Erdkörpers; dennoch erreichte sie das tödtende Gas, die für sie gefährliche Hitze; zu Millionen wurden sie getödtet und ihre Leichen legten sich auf

die Erzeugnisse der Vulkanizität um sich in dem über sie durch Conferven entwickelten Kalke mit Schwefelkies und Eisenstein erfüllt bis auf unsere Tage zu erhalten.

Die vulkanischen Eruptionen fanden zum Theil in der Nähe von Korallenriffen statt, um und über welche die Staubtheile in Tuffform (Grünstein, Tuff, Schalstein), die Laven (Diorit, Diabas, Hyperit und Felsitporphyr) als weitausgebreitete Ströme herliegen oder worin sie in Gangspalten aufsetzen.

Der alte sinkende Meeresboden, auf welchem sich die Korallenriffe, Sandsteine, Thonschiefer und Mergel entwickelt hatten, hob sich nunmehr wieder aufwärts; er stieg zu einem flachen Lande empor und vergrößerte die von den Vogesen bis nach Thüringen sich erstreckende Insel, welche nun zu einem weit nach Nord, Süd und Ost ausgedehnten Lande wurde.

In den Buchten, die das Meer an den Küsten dieses Landes bildete, setzte sich über Algen ein an Schwefeleisen reicher Kalk- und Thonschlamm ab, welcher einestheils nur unzählige Schalen von Büschelfüßern, Cypridinen, wenigen Trilobiten und Bivalven, anderntheils Goniatiten, Clymenien und andere Cephalopoden, auch Haarsterne, Korallen und die für Hochseethiere anzusehenden Tentaculiten und Creseïs nebst einigen Fischresten enthält. Die vom offenen Meere ausgehenden Buchten standen also wol mit flachen Lagunen in Verbindung, in deren stark durch die Sonne erwärmtem Wasser jene Schalenkrebse gern lebten. Den Thonen folgten Sandablagerungen, worin zuweilen viele Farnstengel und andere Landpflanzen umherliegen, welche aber niemals thierische Ueberreste enthalten, weshalb sie als Festland-Bildungen anzusehen sind.

Mit diesen Sandlagern gleich alt, in sie verlaufend, dehnen sich weithin vulkanische Tuffe und Laven aus (es sind die Eisenspilite, Serpentine, Gabbro und Hyperite der obern Devonformation), welche beweisen, daß auch damals die vulkanische Thätigkeit des Erdballes an geeigneten Punkten zur Aeußerung kam.

Die Eruptionskegel jener Vulkane sind freilich längst verschleift; sie sanken ein in Folge der vielen Bodenschwankungen, welchen jene Gegenden des jetzigen Mitteldeutschlands lange Zeit hindurch unterworfen waren; die Laven und Aschenlager sind längst durch den Stoffwechsel umgewandelt, nebst manchen Thon- und Sandsteinbänken in allerlei feste und krystallinische Gesteine verändert, in denen durch die chemische und elektrische Regung des Erdsphäroides Eisen- und allerlei andere Erze auf Gängen und Lagern anwuchsen. Während in unserm Gebiete damals diese Bodenhebungen neue, noch heute über Wasser stehende, in der unendlich langen Zwischenzeit nicht wieder vom Meere bedeckte Inseln und Festländer emportrugen, sanken anderwärts ältere Inseln und Festländer wieder unter das Meer herab, so daß die auf ihnen entstandenen Torfsümpfe und Süßwasserablagerungen wieder vom Meere überflutet werden konnten. Jene Festländer und unsere mitteldeutsche Insel, enthielten wol selbst höhere Gebirgszüge, an deren Fuße sich Geröll und Schutt ablagerte, aus deren Weiterzersetzung zu Sand und Thon die große Menge der in der sogenannten Kohlenperiode vorkommenden Sandstein- und Schieferthonmassen entstanden. Anspülungen durch Meerwasser sind diese Sande und Thone nicht, denn sie bergen wol aufrechtstehende Land-



Fig. 264. Ideale Landschaft der Steinkohlenperiode. Nach Unger.

pflanzen aber niemals Seethiere. Auch während der Devonperiode war das Meer gesalzen, die Absätze aus Meerwasser enthielten Kochsalz, und wo sie aufs Trockene gehoben und in weiten, flach gewellten Ebenen ausgebreitet wurden, wie in Amerika, da konnten sich im Verlaufe der spätern Perioden durch Auslaugung, Zusammenführung und Verdampfung in einzelnen Bassins Steinsalzlager bilden, und haben sich wol ganz in derselben Art gebildet, wie heute am Eltonsee und anderwärts. Wo die Gesteine in steilern Schichten aufgerichtet stehen, hat ein rascherer Stoffwechsel stattgefunden; das Kochsalz ist absorbirt, indem sich sein Natron mit Thon- und Kieselerde zu Feldspath verband; doch finden sich stets noch Spuren desselben vor, welche durch schwache Salzquellen ausgewaschen werden.

Auf den einzelnen Gebietstheilen jener alten, von der devonischen Flut umspülten Festländer entwickelten sich die verschiedensten Bildungen. Während an der einen Stelle Farnwiesen oder hohe Tannenwälder bestanden, war an der andern Sumpf und Morast, worin der Archegosaurus sich wälzte, worin mächtige Schachtelhalme, Schuppen- und Siegelbäume neben kleinern unansehnlichern Conferven die Steinkohlenlager vorbereiteten.

Mit diesen üppig grünen Fluren wechselten Sandwüsten und Dünen ab, die allmälig zu Land fortschreitend selbst jenes Leben vernichteten, die Wälder begruben, so daß ihre Stämme aufrecht stehen blieben, die Sümpfe bedeckten, so daß die Torfbildung zwischen zwei Sand- und Thonschichten eingelagert erscheint.

Weithin in flachen Meeren, deren Boden sich allmälig zu Festland entwickeln will, leben Millionen von Bivalven, Gasteropoden, Korallen, Strahlthiere und Fische. In den kälteren Tiefen siedelten sich Brachiopoden an, unter denen der Productus selbst im hohen Norden aushielt, wie es auch heutigen Tages Brachiopoden in nordischen Meeren giebt, und wie auch heutigen Tages diejenigen Meeresthiere, welche in wärmeren Zonen das tiefere Wasser beleben, gleichwie diejenigen Landpflanzen, welche auf den südlichen Alpenhöhen wachsen, am weitesten nach den Polen hin sich ausbreiten.

Wir haben oben schon darauf hingewiesen, daß das sogenannte Kohlensystem eigentlich nur eine Fortentwicklung der Grauwackenformation ist, daß während der Bildungszeit desselben viele ältere Thiere ausstarben, einige neue Gestalten hinzutraten, sich aber auch viele forterhielten. Stachelhäuter oder Criniten öffneten damals in ungezählter Menge auf dem kalkreichen Boden des Meeres ihre zierlichen Sternkelche, Brachiopoden hingen am felsigen Grunde fest, andere Mollusken schwammen oder krochen auf demselben umher. Die Trilobiten machten den Limulusarten Platz, luftathmende Insekten gesellten sich zu diesen.

Haifische, mit stumpfen Malmzähnen zum Zerbeißen der Criniten und starkschaligen Muscheln, vielleicht auch der knochenschuppigen Fische ausgestattet, bildeten die Schrecken jener Meere.

Auf dem weitausgedehnten Festlande befanden sich am Fuße der Gebirge und am Rande des Meeres größere weit ausgedehnte Sümpfe, tiefer im Lande bestanden längs den Süßwasser führenden Flüssen kleinere, in denen diejenigen Pflanzen wuchsen, von welchen Fig. 264 eine Vorstellung geben soll.

Getäfelte Schuppen- und mit Leisten besetzte Siegelbäume, deren Blätter breit und grasähnlich in Büscheln an den Aesten standen; mächtige rohrartig aufgeschossene Calamiten, schlanke braunrindige Farnstämme mit langen federfächerigen, leicht beweglichen Wedeln; hochstämmige tannenartige Araucarien und Walchien, deren dunkeles nadelförmiges Laub angenehm gegen das gelbdurchsichtige rothadrige der Farnbäume abstach, bildeten soweit bekannt das Oberholz; dazwischen wucherten buschartige Farne, Annularien, Asterophylliten, Equiseten und allerlei Schmarotzer, der Boden und Sumpf war bedeckt mit Conferven, Moos und Gras. Fliegende Insekten und Käfer durchschwirrten summend die mit dem leichten Blattwerk spielende Luft. Im Moor bewegten sich die, Krokodilen entfernt ähnelnden Archegosaurier und einige andere Amphibien. Vielleicht fehlten selbst Vögel nicht.

So die Sümpfe. Auf dem trocknen Lande standen dagegen weit ausgedehnte Tannenwälder, deren Bedeutung wir aus den erst kürzlich entdeckten versteinerten Wäldern an der schlesisch-böhmischen Grenze ahnen können.

Wo am Strande das Meer zuweilen die Sümpfe überfluten konnte, wie im jetzigen Westfalen, da lagerten sich mit Meermuscheln erfüllte Schlammabsätze über die Kohlenschichten; es wuchs auf diesem Schlamme mit der Zeit eine neue Vegetation. Doch sind solche Fälle nur selten; gewöhnlicher sehen wir den tiefsten Kohlensumpf überlagert von Schlamm und Sand, worin die nicht umgebrochenen Stämme der im Sumpfe gewachsenen Bäume noch aufrecht stehen. Fluten, von den höheren Gebirgen herabkommend, oder Staub und Sand bewegender Sturmwind konnte diese Ueberschüttung bewirken. In manchen Fällen ragten aus dem Sumpfe inselartige Erhöhungen hervor, welche dann nicht mit jenen Torfablagerungen bedeckt werden konnten; es ward in der Mitte des von einem Fluß oder Bach durchschnittenen Sumpfes zeitweise Schlamm angespült, welcher die Torfbildung unterbrach. Dicht gestellte Rohre und Calamiten filtrirten gewissermaßen das trübe Wasser und hielten es vom Ufer ab. Deshalb ging hier die Torfbildung ununterbrochen, die Kohlenstofflager blieben ungetheilt, während sie nach der Mitte des Bassins hin sich spalten.

Im Sumpfe schied sich über Pflanzen Kalk ab, der später durch Eisenoxydul verdrängt wurde und die Veranlassung der Sphärosideritlager ward. Auch Zinkblende, Bleiglanz und Schwefeleisen kam durch den Fäulnißprozeß der organischen Materien niedergeschlagen in die Ablagerung. Nicht minder sammelten sich Bivalven und Krebschen des Süßwassers in den Schlammschichten an, vermischt mit Fisch- und Amphibienresten.

Alle diese Vorgänge erinnern lebhaft an die in unseren Sumpfgegenden gewöhnlichen; auch wir haben im Alluvium des Rheinthales bei Germersheim in der Pfalz, den Hochgebirgen näher, mehrere durch verhältnißmäßig mächtige Sandlager getrennte Torfbildungen über einander, von denen die tiefsten fast nur aus Conferven und Schilf, die obersten aus Moos bestehen.

Wir finden auch in den Steinkohlenflötzen, von unten nach oben fortschreitend oder in deren Längen- und Breitenerstreckung, einen Wechsel in den Pflanzen, eine

Erscheinung, welche ganz bestimmt anzeigt, daß sich die Flora je nach dem trocknern oder feuchtern Standorte änderte, und daß vielleicht auch während der langen Zeitdauer, welche die Kohlenbildung überhaupt beanspruchte, Aenderungen im Klima und damit in der Vegetation vor sich gingen. Unter den Kohlenflötzen finden wir, als Stigmarien, die Wurzeln, in denselben die Stämme und über ihnen die Blätter der im Sumpfe stehenden Gewächse; wer kann da noch zweifelhaft sein, daß diese Bildungen an ihrem Lagerungsorte gewachsen sind? —

Allmälig und in langen Zeiträumen bildet die Natur heute, so wie immer; wir bedürfen der Annahme: es sei die Luft in jenen fernen Zeiten dem Leben der durch Lungen athmenden Thiere unbenutzbar, durch Kohlensäure verpestet gewesen, nicht. Wir stellen entschieden in Abrede, daß die Pflanzen jene dem Thierleben schädlichen Gase aus dem Luftkreise entfernen und als Kohlenlager abscheiden mußten; denn damals lebten Lungenthiere in den Kohlensümpfen, die Kohlenausscheidung ging sehr langsam von statten und mit der Vegetation ging eine reiche Fauna parallel. Vergleichen wir die großen Flächen Landes, welche von den Thierresten jener Zeiten bedeckt sind, mit denen, auf welchen sich die Pflanzenreste in Kohlenflötzen ansammelten, so verschwinden letztere als ganz untergeordnet.

Wo sich die Kohlensümpfe am Strande entwickelt und selbst über den gehobenen Theilen des Meeresgrundes auf angespültem Sand gebildet hatten, wie in England, da endet die gesammte Bildung mit einer Süßwasserkalkschicht.

Vulkanische Ausbrüche unterbrachen, gewaltige pyroxenische und trachytische Lavaströme und mächtige Aschenhaufwerke an die Erdoberfläche sendend, die Kohlenbildung an einzelnen Punkten. An andern legten sich mächtige Dünen- oder Sandwüstenbildungen darauf; an noch andern ging sie, allmälig schwächer werdend, weil die Sümpfe entwässert wurden, in die Geröllbildung des permischen Systems über, in welcher sich bekanntlich hier und da auch noch Kohlenflötze vorfinden. Nach der Ablagerung der Gesteine dieser Zeit veränderte sich ihre Zusammensetzung im Laufe der Jahre. Die pyroxenische Lava ward zu Melaphyr und Grünstein, die trachytische zu Felsit und Thonporphyr. An manchen Punkten krystallisirte der Pflanzenreste umschließende Thon und ward zu Gneus oder zu einer felsitischen Masse. Dabei hob sich die Unterlage der Kohlen und verbog deren Schichten. Bei der Umwandlung des Torfes in Steinkohle schwand die Masse beträchtlich; es entstanden Rutschflächen und Verdrückungen in den steil aufgerichteten Flötzen.

In gleichlaufender Lagerung mit manchen Süßwasserbildungen der Kohlenformation folgen die Gerölle des Todtliegenden, aber sie bedecken auch ältere Gesteine, und dann fällt es oft schwer, sie von den Gesteinen der Kohlenzeit zu unterscheiden.

Das europäische Festland dehnte sich zu jener Zeit schon von Portugal bis zum Ural aus; es war eine schmale lange Insel, welche durch die Mitte Deutschlands zog. Die Nordküste bespülte ein flaches Meer, dessen Arme tief in das Inselland hereingriffen. Was im Süden lag, ist uns unbekannt, denn hier bedecken jüngere Gesteine die Schichten, welche auf die permische Formation folgen, und diese selbst, wenn sie vorhanden ist, gänzlich und machen sie unsichtbar.



Fig. 265. Eine Araucarie der Gegenwart (Araucaria imbricata) in Chile.

Die mächtigen Geröll=, Sandstein= und Kalkmergellager des permischen Systemes Osteuropa's (Rußlands) entnahmen ihren Stoff dem Ural, der damals schon ein mächtiger Gebirgszug gewesen sein muß, wenn er das Material zu solchen, Tausende von Quadratmeilen Hunderte von Fußen dick bedeckenden Geschiebmassen liefern konnte. Das Todtliegende Mitteldeutschlands, ebenfalls viele hundert Quadratmeilen bedeckend, erhielt seinen Stoff nachgewiesener Maßen von den Devon= und Urschieferschichten dieser Länder. Wollte man diese transportirten Geröllschichten zu Bergen zusammensetzen, so würden sich ganz anständige Höhen ergeben; was uns ein Beweis ist, daß jenes alte Festland keineswegs ein gebirgsloses Flachland war. Während der Entwicklung jener Flußanschwemmungen bestanden reiche Tannenwälder, denen der Kohlenzeit ähnlich, in unsern Gegenden. In jenen Geröll= und Sandanhäufungen finden sich denn auch vielfach verkieselte

Stämme von Araucarien, Walchien, Volzien, Ullmanien, Pinus, untermischt mit Cycadeen, Palmen, baumartigen Farnen und Strauchfarnen, Calamiten u. s. w., was auf eine Flora hinweist, wie sie heute ähnlich Neuseeland und Vandiemensland haben. Dieses alte europäische Insellland mit seinen Wäldern begann nun an einzelnen Punkten zu sinken, während an andern eine rege vulkanische Thätigkeit beträchtliche Stoffmassen zu Tage förderte. Es sank so ein breites Stück des Nordens unter; es trennte sich vielleicht gar in der Gegend zwischen dem Thüringerwald und dem Rheinischen Schiefergebirge die Insel in zwei Theile, so daß das Nord- mit dem Südmeere in Zusammenhang kam.

Diese Bodensenkung war indessen nur von geringer Tiefe; es entstand dadurch über den ältern Gesteinen ein flaches Wasserbassin, in welchem sich die jüngeren Glieder der permischen Formation oder der Zechstein ansammelten. Wo dieses flache Meer, welches an das Schwarze Meer und an die Ostsee erinnert, mit dem Großen Ocean zusammenhing, ist noch nicht ermittelt. Wir finden in seinen Niederschlä-en eine Fauna begraben, welche wesentlich aus Thieren des Strandgebietes besteht und nur seltener Reste von Thieren enthält, welche tieferes Wasser lieben.

Korallenriffe sind gänzlich unbekannt in dieser Bildung, die Haarsterne (Criniten) sehr selten; dagegen kommen nach oben schon viele Foraminiferen vor, welche gemischt mit Schalenkrebsen und kleinen im Tange des Strandes lebenden Schneckchen sich stark an dem Bau der Gesteine betheiligen. Die Form jener Schnecken erinnert sehr an die der Litorinellen der Ostsee.

Während das flache Zechsteinmeer ausgefüllt ward, schwankte dessen Boden noch mehrmals auf und ab, so daß die obern Schichten der Formation theilweise über die Grenzen der untern hinaus auf ältere Gesteine zum Absatze gelangten. Endlich behielt die aufwärts steigende Richtung die Oberhand; das Meer ward zum Binnensee und trocknete aus. Dabei entstand wol das in ihm abgelagerte Steinsalz, welches jedoch, wie alles Salz erst in späteren Perioden auf einzelnen Punkten, gleichsam in einer natürlichen Siedepfanne zusammengeführt und zu jenen Salzbergen angehäuft wurde, deren wir oben gedachten.

Das bisher betrachtete Gebiet, auf den Norden der nördlichen Halbkugel beschränkt, ist nur ein Bruchtheil der Erdfläche; es muß vermessen erscheinen, aus den auf ihm gesammelten Beobachtungen ein Bild von der Entwicklung des Erdganzen zusammen zu stellen. Dennoch ist dies oft geschehen. Wir dürfen alle diejenigen Voraussetzungen, welche sich auf eine so beschränkte Zahl von auf einem so kleinen Ländergebiete gesammelten Beobachtungen stützen, nicht höher anschlagen, als wir diejenigen Hypothesen über das Wesen der andern Welttheile schätzen würden, welche ein geistvoller Eingeborener einer oceanischen Insel, nach den in seinem beschränkten Umkreise gesammelten Anschauungen sich bilden könnte.

Im Vorhergehenden sollte nur ein allgemeines Bild der während der paläozoischen Zeit in unsern Zonen bestehenden Verhältnisse gegeben werden. Weit entfernt, aus jenen an die Südsee-Inseln erinnernden Zuständen eines beschränkten Länderstriches auf die damaligen Verhältnisse der gesammten Erdoberfläche eine

Folgerung ziehen zu wollen, glauben wir dennoch die Ansicht wagen zu dürfen, daß auch in jener frühesten Periode schon ausgedehntere Ländercomplexe über dem Meeresspiegel erhoben waren, daß sie aber an Punkten lagen, welche entweder jetzt vom Ocean bedeckt oder welche noch von keinem Geologen betreten sind.



Fig. 266. Ideale Landschaft der Muschelkalkperiode (Trias).

Wir haben mit dem Zurückweichen des, schon den Eindruck eines Meeres der gemäßigten Zone darbietenden Zechsteinmeeres aus unseren Breiten den ersten Hauptabschnitt der geologischen Geschichte unseres Welttheiles beschlossen; es ist damit aber kein Abschnitt in der Entwickelung der Erdoberfläche bezeichnet; vielmehr geht diese ununterbrochen fort. Es ändern nur in Folge von Hebungen und Senkungen Theile unseres Welttheiles ihre Lage gegen den immer gleichen Meereshorizont. Der größte Theil des deutschen Zechsteinmeeres, viele ältere

Schichten, welche seit langer Zeit Festland geblieben waren, wurden im Anfange der mesozoischen Periode durch eine versteinerungslose Dünen- oder Wüstenbildung, den Buntsandstein, überdeckt. An einigen Stellen begrub dieser allmälig im Laufe der Jahrhunderte zusammengewehte Sand fruchtbare mit Bäumen bestandene Flächen, und dann enthält er Pflanzen und Thierreste; an andern legte er sich auf die eben aus dem Meere gehobenen permischen Schichten auf, daselbst ist er vollkommen versteinerungsleer, wie alle Dünenbildungen es sind. Wie der östliche Sturm den Sand der Sahel wirbelnd ins Meer wirft, so trieben auch die zu jener Zeit herrschenden Winde den Sand zusammen und häuften ihn an. Ueber dem stark erwärmten, durch die Sonne glühenden, fliegenden Sande kein Leben! Nur da, wo er das Meer erreichte, wo Wasser ihn näßte, eine spärliche Salzflora und eine ihr entsprechende ärmliche Fauna!

Nachdem der Sand größern Theils an den Küsten abgelagert war, siedelten sich auf den in das Meer geworfenen Theilen desselben einige Mollusken an; es bildeten sich Kalkbänke, anfangs thonhaltig, später reiner, über Conferven und den Schalen von Muscheln. Das Meer, welches Mitteldeutschland mit dem Muschelkalk der Trias überdeckte, war ein aus vielen flachgrundigen Busen und Buchten bestehendes, in die Sandwüste einschneidendes; erst weiter im Süden erlangte es eine größere Tiefe, vielleicht in der Nähe einiger über seinen Spiegel hervorstehenden Inseln.

In dem flachen Meerbusen siedelten sich nur wenige Muscheln, namentlich Austern, Aviculaceen und Kammmuscheln an, wenige Turritellen und Naticeen bekrochen, sich von Pflanzen ernährend, den Boden. An andern tiefern Stellen setzten sich Terebrateln mit ihren fleischigen Stielen fest und ließen ihre bewimperten Arme spielen, oder die Seelilie, Encrinites liliiformis, breitete ihre Strahlenkelche aus. Der große Ceratites nodosus und einige andere hausbesitzende Cephalopoden schifften auf der ruhigen Oberfläche.

Wenn das Meer brandend sich über die flache Sandküste wälzte, warf es Reste der Meeresbewohner an den Strand; die Labyrinthodonten entstiegen der Flut wie auf Fig. 266, welche eine von Unger entworfene Strandlandschaft der Triasperiode darstellt. Zog sich das Meer zurück, so liefen Strandvögel und das Chirotherium über den Sand, um die sitzengebliebenen Krebse, Fische und Muscheln aufzulesen und zu verzehren. Sie ließen ihre Fährten in dem feuchten Sande zurück, welche theils der Wind, theils der Wogenschlag mit Sand und Schlamm überschüttete.

Im hohen Meere ging es dagegen anders zu. Dort, wo jetzt die tyroler Alpen stehen, schwammen eine große Anzahl von Cephalopodenarten, unter denen wir paläozoische Orthoceratiten und Goniatiten neben mesozoischen Ceratiten, Ammoniten und Nautiliten finden. Korallen und Encriniten schmückten den Meeresgrund, allerlei Schnecken und viele Muscheln bewegten sich auf demselben. Auf einsamen Inseln gedieh eine von jener der nördlichen Hauptinsel etwas verschiedene Flora. Es scheint, daß jene Inseln auf sinkendem Grunde standen; es ist möglich, daß sie Ueberreste eines früheren Festlandes, die Gipfel eines paläozoischen Konti-



Ideale Landschaft der Keuperperiode.

nentes waren. Sie sanken tiefer und tiefer, bis endlich die Wellen des Jurameeres über ihnen zusammenschlugen. Dagegen hoben sich Theile des nordischen Meerbodens und vergrößerten die europäische Hauptinsel. Der durch Kalk befruchtete Boden des Strandes trug wieder Pflanzen. Es waren der Natur der Sache nach den Sumpf oder die Feuchtigkeit liebende.



Fig. 267. Thierleben aus der Jura-Periode.
Im Vordergrunde der Mystriosaurus im Kampfe mit einem riesigen Hai; weiter hinten Angesichts des langhalsigen Plesiosaurus der Ichthyosaurus, einen Fisch im Rachen; rechts auf dem Felsen der Pterodactylus.

Das beigegebene Tonbild, welches eine Landschaft der Keuperperiode aus der jüngern Zeit der Trias darstellt, zeigt links vor einem Dickicht von Palaeoxyris (einer Binsenart) eben aufsprossende Equiseten und Calamiten, am Boden einige Farne. Den Hochwald bilden Tannen und Cycadeen. Solche Strandsümpfe und Lagunen sind auch heute noch der Aufenthalt nur weniger Thiere; es kehren daselbst die Amphibien ein, welche im Meere ihre Nahrung suchen, auf dem Lande ruhen. Unser Bild stellt solche dar.

Jedenfalls war die thierische Bevölkerung auf der europäischen Hauptinsel damals noch sehr sparsam. Das aus dem Meer gehobene Land, mit keinem grö=

ßeren Festlande im Zusammenhange, konnte von außen her nicht bevölkert werden. Die Landthiere, welche ihm geblieben waren, als in vorpaläozoischer Periode ein altes Festland hier bis auf wenige Gipfel versank, mochten spärlich genug sein; wie sollten außer Fischen und Meersauriern Vögel und Landsäugethiere, Landschnecken und Insekten von den fernen Kontinenten an jene Küsten treiben? Nur der Zufall konnte ein solches Ereigniß herbeiführen, und wie oft mußten wol solche gegen ihren Willen zugeführte Ankömmlinge wieder zu Grunde gehen, ehe sie Nahrung und Gelegenheit zur Fortpflanzung fanden! Dennoch haben sich Spuren, aber natürlich nur sehr vereinzelte Reste dieser Thiere in Knochen und Kieferstücken von kleinen Säugethieren in den Absätzen dieser Zeit auch in unsern Gegenden erhalten. Sie geben nicht einen Maßstab für die Anzahl der Bewohner jener Insel, sondern sie bezeugen, daß auch damals, wenn schon in andern Breiten und Zonen als die uns zugänglichen der europäischen Triasgesteine, Landthiere auf Erden existirten.

Die Armuth der Fauna Australiens zur Zeit seiner Entdeckung giebt ein passendes Beispiel für unsere Darstellung. Australien ernährt Thiere und Pflanzen, deren Formen an die der ältesten Zeiten erinnern und worauf wir im Vorhergehenden mehrmals zurückkamen; es ist denkbarerweise der seit Jahrhunderttausenden sinkende Boden eines alten, in den Ocean eingetauchten Festlandes, dessen Spitzen wir als Inseln erkennen. Sinkend ist der Boden jenes Welttheiles lange Zeit gewesen, wie die mächtigen ihn umziehenden Korallenriffe beweisen. Seit der Devonperiode war das jetzt von ihm Sichtbare kaum unter das Meer eingetaucht, denn es fehlen ihm alle mesozoischen Meeresbildungen.

Später, seit der Tertiärzeit, hebt sich das Land wieder. Nun erst sterben die letzten Reste jener uralten Fauna und Flora aus; der Mensch führt an ihrer Statt neue Thiere und Pflanzen in jene neu empor wachsenden Länder. Die Keuperlandschaft auf unserm Tonbild ähnelt mit ihren Cycadeen noch immer einer solchen, wie sie sich an den Küsten der australischen Inseln darbieten; aber im Meere machte sich ein anderes Treiben bemerklich, als wir es in jenen Gegenden zu sehen gewöhnt sind.

Wie unsere Fig. 267 versinnlicht, trieben sich gegen das Ende der Trias- und zu Anfang der Juraperiode große Fische und flossenfüßige Amphibien im Meere und an den Küsten umher. Gefräßig raubten diese Ungeheuer und verzehrten ganze Generationen von Krebsen, Fischen und selbst ihres Gleichen. Die Flugechsen bevölkerten die Wälder und auch ihre Leichen kamen wol zuweilen in den Schlamm des Meeres. Allmälig wuchs das Land, welches den Kern Europa's bildet, nach der Breite und Länge. Auf beiden Seiten dehnten sich weite Meere aus, in denen jedoch verschieden gemischte Niederschläge stattfanden. Während im Nordmeere die vorherrschend sandig-thonige nordeuropäische Juraformation sich bildete, entwickelte sich an Koralleninseln und in weiten, ruhigen Atolls der kalkreiche Jura des Südens, dessen Schichten weit über Südeuropa, Mittelasien und Afrika ausgedehnt und selbst in Amerika's und Australiens wärmeren Zonen abgelagert sind. Sowol die europäische Insel als auch die asia=

tische, in der Gegend des jetzigen Ostindiens liegend, sowie die australische und nordamerikanische trugen damals reichen Pflanzenschmuck, Cycadeen, Palmen, Nadelwald, untermischt mit Farnen, Schilf und Gräsern.

Während der jurassischen Periode entwickelten sich auf den Sandsteppen der europäischen Insel die aus dem Muschelkalk- und Keupermeere zurückgebliebenen Steinsalz- und Gypslager. Diese Mineralien wuchsen in ähnlicher Weise wie die in den ältern Formationen, und wie sie sich heute in unsern Salzsteppen ansammeln, in einzelnen Lagern an. Ihr Reichthum ist außerordentlich groß, was sich als eine natürliche Folge der Lagerungsverhältnisse und aus dem Umstande ergiebt, daß sie später nicht mehr unter Wasser getaucht, also nicht wieder aufgelöst wurden. Auf andern Festländern wuchsen in ausgedehnten Sümpfen Steinkohlenflötze an, ganz in der Weise, wie wir dies während der frühern Perioden sahen; es wiederholten sich alle dort erwähnten Erscheinungen, nur die Pflanzen waren andere. Die Siegelbäume und Calamiten sind vertreten durch Cycadeen und Schachtelhalme. Wir sehen auf dem Titelbilde des ersten Bandes einen Küstenwald aus der jurassischen Zeit. Neben dem sich hoch zur Rechten des Bildes erhebenden Pterophyllum, einer Cycadee, wuchert am Boden ein zapfentragender Strauch, Zamites, nebst allerlei Farnkraut. Seitwärts links stehen glattschalige Pandangs auf vielgetheilter Wurzel, an ihren Gipfeln lederartige Blätter und große Kugelfrüchte tragend. Im Hintergrunde sind mit Schuppenrinde bedeckte Zapfenpalmen, die Vorläufer der Palmen und der Nadelholzbäume. Weiter hinaus machen sich flache, kaum den Meeresspiegel überragende Korallenriffe bemerklich, auf denen ebenwol schon Baumwuchs prangt; im ruhigen Atolle zwischen diesem Riffe und dem Lande schwimmt der langhalsige Plesiosaurus, während am Ufer die Leiche eines Ichthyosaurus der Auflösung entgegen geht.

In der Luft flattern schon Vögel und schwirren Insekten; die Säugethiere des Landes sind noch so wenige, daß sie auf die Landschaft nicht belebend wirken können.

In dem weiten von Korallenriffen durchzogenen Südmeere sowol, als auch im flachsandigen Nordmeere schwärmten ungezählte Schaaren der schönsten Ammoniten, denen kaum ein günstigerer Wohnplatz sich darbieten konnte. Belemniten und nackte Tintenfische gesellten sich zu ihnen. Das Terebratelnheer, viele Seelilien, Seeigel und Seesterne sammelten sich auf jenem ihnen wohlgefälligen Korallengrunde. Dem Ufer der innern Insel näher, wo sich schlammige Niederschläge bildeten, legten sich die Austern der Juraformation, die Gryphiten in weit verbreiteten Bänken vor Anker. Ueber ihnen, je nachdem sich die Tiefe des Meeres änderte, folgt die große Zahl der übrigen Muscheln und Schnecken. Fische suchten in Menge diese für sie fette Weide, sie kauten mit ihren starken Pflasterzähnen Muscheln und Korallen, stellten andern Fischen nach oder nährten sich von den zahlreichen Meeresalgen.

Während der Juraperiode macht sich entschieden ein klimatischer Unterschied geltend, jede Zone hat wenigstens einige eigenthümliche Pflanzen; die Meere werden von je nach den Küsten abweichenden Thieren bewohnt. Flußbildungen der Jurazeit sind auf der europäischen Insel mehrere bekannt. Sie standen mit

ausgedehnten Kohlensümpfen in Zusammenhang, worin gewaltige Gaviale und Schildkröten hausten. Die Flüsse ernährten außer Fischen und Krebsen manche unsern Flußschnecken ähnliche Thiere, namentlich Potamiden, Paludinen, Cyclas, Cyrenen und Unionen.

Die vulkanische Thätigkeit war sowol während der Trias= als auch während der Juraperiode in unsern Gegenden nicht sehr groß; nur vereinzelt stehen die untermeerischen Lavenergüsse zwischen den Koralleninseln der Tyrol und die Schweiz bedeckenden europäischen Südsee. Doch mag in andern Welttheilen auch während dieser Zeit die unterirdische Kraft gewirkt haben. Sie schaffte bei uns im Verborgenen, die Metamorphose der alpinischen Gneus= und Talkglimmergesteine bewirkend; sie veranlaßte durch Stoffentführung die Senkung einzelner Theile der europäischen Feste, so daß das aus dem Jurameere ohne Unterbrechung hervorgehende Kreidemeer sich über das ältere Gestein bis tief nach dem jetzigen Westfalen hin verbreiten konnte. Die tieferen, im Meerwasser gebildeten Schichten der Kreide liegen deshalb auch auf den Süßwasserablagerungen des Wälderthones, welchen wir zum Jura stellen, auf den aufgerichteten Schichten der westfälischen Steinkohle oder der böhmischen Silurformation.

Während der Kreideperiode wurden die das damalige Europa bildenden einzelnen Inseln mehr und mehr durch Hebung und Auffüllung des Meeresbodens zu einem Ganzen verbunden, und wenn auch kleinere Stücke Landes untersanken, um erst viel später wieder zum Kontinente heraufgehoben zu werden, so stellte sich doch im Ganzen der Zusammenhang jener Eilande über Wasser her. Das im Norden spülende Meer, aus welchem sich die thonig=sandigen Niederschläge der sächsisch=westfälischen Kreide ablagerten, ernährte zum Theil andere Thiere als das südliche Meer, in welchem, namentlich im jetzigen Alpengebiete, ziemlich viel Kalk zum Absatze kam; beide hatten aus der jurassischen Zeit viele Formen mit herüber genommen. Bemerkenswerth sind die in jenem südlichen Meere weit verbreiteten Bänke der Rudisten, der zwischen Conchiferen und Brachiopoden in der Mitte stehenden Weichthierform. Diese Thiere, mit der einen dicken Schale am Boden festgewachsen, verbreiteten sich über viele tausend Meilen des Meeresgrundes, sie sind Austern und Brachiopoden in einer Person. Wie sie in einer Zeit auftreten, welche der höchsten Entwicklung der Brachiopoden als der des allmäligen Aussterbens folgt, so erkennen wir auch in den beschalten Cephalopoden dieser Periode das Zuendegehen einer lange bestehenden Familie. Die Ammoniten, so zierlich ihre Gehäuse sind, erscheinen allmälig als Mißgeburten, als Turriliten, Hamiten, Scaphiten, Baculiten, zum Theil formlos, zum Theil wieder an die älteste Formen zurück erinnernd. Anfang und Ende dieser Familie sind demnach durch ähnliche Formen bezeichnet.

Unter den Conchiferen treten an die Stelle der Gryphäen die Exogyren, diese einmuskeligen Bivalven; Austern werden häufiger. Viele gewundene Schnecken (Gasteropoden) sind schon schwer von den jetzigen zu unterscheiden. Foraminiferen, Spongien, Korallen und Moosthiere finden sich in manchen Kreideschichten in unglaublicher Menge; sie siedeln sich gern an in flachen, von den Sonnenstrahlen durchwärmten Meerestheilen.

Die Flora des Meeres ist immer einförmig: Algen und Tange; wir finden sie denn auch nord- und südwärts auf weiten Tangwiesen vertreten. Das Festland trug außer den, aus der vorigen Periode herüber gekommenen Zapfenbäumen, Farnen, Cycadeen und Tannen nun auch noch Laubholz und Kräuter. Ulmen, Walnüsse, Ahorn, Weiden begrenzten wol die Flüsse; denn nur ihre Blätter gelangten in die Meeresabsätze der mittlern sandigen Kreideschichten Norddeutschlands. In den Sümpfen entstanden ebenfalls Kohlen, welche wir in der Nähe Wiens und in den Alpen kennen lernten.



Fig. 268. Landschaft der Kreideperiode. Im Vordergrunde Iguanodonten im Kampfe.

Die Fig. 268 stellt eine Landschaft der Kreideperiode nach Unger's Auffassung dar; schreckliche Iguanodonten liefern sich im Vordergrunde eine Schlacht. Es ist eine der Küste nahe Landschicht, welche wir sehen, was aus der Art des Baumschmuckes hervorgeht. Die Stellen, welche jene oben genannten Laubhölzer ernährten, möchten wol unserer heutigen Waldlandschaft ähnlich geschmückt gewesen sein.

In ununterbrochenem Zusammenhange mit der Kreideperiode steht die sogenannte Tertiärperiode durch deren unterstes Glied, das Eocen, das Morgenroth

einer neuen Epoche. Das Nordmeer der Kreidezeit wechselte während der Tertiärperiode in verschiedener Weise seinen Ort. Es schritt theilweise über Landbildungen früherer Epochen vor und dehnte sich bis nach Leipzig hin aufs Neue aus, nachdem vorher daselbst ein weites Sumpfland bestanden hatte. Andererseits zog es sich allmälig weit nach dem Norden zurück und ließ ganz Norddeutschland bis an die Ostsee wieder trocken werden. Doch sind die Ostsee und ein Theil der Nordsee, deren Grund zum Theil Landbildungen, untergesunkene Wälder bedecken noch Reste jenes Tertiärmeeres.

Im Süden sowol Europa's als Nordasiens bestand im Anfang der Tertiärperiode noch das weit erstreckte Meer der Nummuliten. Aller Wahrscheinlichkeit nach war jenes Meer nicht sehr tief; es war der Wohnort von Korallen und jener Nummuliten, von vielen Muscheln und Fischen. Dagegen treffen wir darin nur wenige Amphibien, deren Ungestalten sich ziemlich auf einzelne wenige Punkte zurückgezogen haben.

Das Fabelthier, der Hydrarchos, das seiner Zeit viel von sich reden machte und welches dieser Periode angehören sollte, lebte nie. Wie schon oben bemerkt wurde, hatte ein phantasiereicher Kopf aus den Resten mehrerer Thiere dieses Ungeheuer zusammengestellt. Die Reste gehörten einem Säugethier des Meeres, dem 60 bis 70 Fuß langen, walartigen Zeuglodon an. Cetaceen, Wale und Delphine treten uns in dem Meere der Eocenzeit zuerst entgegen. Ihre Reste fanden sich häufiger in Amerika als auf unserer Halbkugel. Ueberhaupt mehren sich die Säugethierarten auf dem aus Inseln zusammengeschobenen Festlande; es begegnen uns Elephanten mit Zitzenzähnen, Rhinoceronten, Löwen, Hirsche und Gazellen, Tapire, Nagethiere und selbst Affenarten. Die Abbildung Fig. 269 zeigt uns auf einer idealen Landschaft der Eocenperiode im Vordergrunde links einen einsiedlerischen Tantalus, gleichsam Wacht haltend über das Treiben der Schildkröten (Thrionix) unten im stillen Wasserbasin. Während die Schlange rechts am Baumstamm uns auf das Vorhandensein dieser Amphibiengruppe hinweist, gewahren wir im Hintergrunde eine Herde von Paläotherien, welche wie ihre Verwandten der Gegenwart, Wildschweine und Tapire, die nassen Thäler aufsuchen. Es ist nicht wahrscheinlich, daß alle diese Thiere so plötzlich am Ende der Kreideperiode entstanden sind; dies widerspricht dem so allmäligen Gange der Natur; wahrscheinlicher lebten ihre Eltern schon lange auf irgend einem andern Festlande des Erdballs. Europa, bis dahin eine abgetrennte Inselgesellschaft, ward vielleicht damals zuerst mit jenem ältern Festlande in trockene Verbindung gesetzt, jene Landthiere bevölkerten es nun; sie und die es erreichenden Vögel brachten Samen von allerlei Kraut und Bäumen mit; es mischten sich mehr und mehr mit jener insularen Flora, welche wir während so langer Zeiträume allein bei uns herrschend fanden, andere Arten von Laubholz und Kräutern.

Sobald unser Kontinent an Größe zunahm, sobald ihn höhere Berge durchzogen, mußten sich die Unterschiede zwischen Küsten- und Binnenlandklima feststellen. Es mochten sogar in der Nähe des anfangs schmalen, von zahlreichen, tief einschneidenden Meerbusen durchfurchten Festlandes noch Inseln bestehen, auf

denen dann ein noch feuchteres und wärmeres Klima als an den Küsten des Festlandes eine mehr tropische Flora begünstigte. Wir haben oben schon des weiten Meeres gedacht, welches während der ersten Abschnitte der Tertiärzeit die jetzigen Mittelmeerküsten, Mittelasien bis China hin umspülte und bedeckte. Diesem



Fig. 269. Landschaft der Eocenperiode.

Meere führten Strömungen, wie der Golfstrom heute dem Nordmeere, unter dem Aequator höher erwärmtes Wasser zu; die Küsten der Inseln und des Festlandes mußten dadurch erwärmt werden. Da dies Meer mit dem großen Südocean im Zusammenhange stand, so konnten holzschalige Samen jener australischen Pflanzen, der Banksien und Proteaceen, der japanischen Salisburien, Kampherbäume und anderer südlichen Formen angespült werden, an den Küsten unter Land kommen, keimen und wachsen. Daß solche Anschwemmungen ganz so wie heutigen Tages stattfanden, beweisen die vielen und verschiedenartigen Früchte in den marinen Thonen der ältern Tertiärformation Englands; es sind dies wahre Niederlagsorte eingeführter, überseeischer Früchte, die sonst im englischen Tertiärgesteine völlig unbekannt sind und von denen keine keimte, weil das Klima ihnen die Wärme ver=

sagte; ganz so wie die heute durch den Golfstrom nach Island und Norwegen gespülten südlichen Samen sich nicht zu entwickeln vermögen. Auf ähnlichen Wegen kamen wol jene Nüsse und Kerne amerikanischen Ursprungs hierher, aus denen Tannen, Cypressen, Walnuß-, Ahorn-, Lilien-, Tulpenbäume u. s. w. entstanden, welche kaum von amerikanischen zu unterscheiden sind. Es ist in hohem Grade bemerkenswerth, daß wir in der europäischen Tertiärformation zwar amerikanische und australische Pflanzen, aber keine Thiere dieser Erdtheile finden, und daß beide Erdhälften schon damals eine dem Ausdruck ihrer jetzigen Thierwelt ganz ähnliche Fauna besaßen. Europa, Asien und Nordafrika haben in dieser Beziehung immer im Zusammenhange gestanden und sich von den andern Erdstrichen unterschieden.

Die ganze Eocenperiode hindurch grünten an den Ufern des Südmeeres Palmen, eigenthümliche Coniferen, als Araucarien, Salisburien, Lebensbäume, Podocarpen und Cypressen. Hohe Laubwälder von lederblätterigem Lorbeer, von Myrte, Kampherbäumen, Styraxbäumen, der Seifenpflanze, von Ahorn, Walnuß, Ulmen, Platanen, Amper und immergrünen Eichen schmückten die Gehänge der Berge. Als Unterholz grünten Rosen, Heidekräuter, Banksien, Alpenrosen, Heidelbeeren, Weisdorn, Kreuzdorn; allerlei Schlinggewächse wanden sich an den Stämmen aufwärts und schlangen reiche Blätterguirlanden von Ast zu Ast. An den Bächen rauschten Arundo und Schilfarten, Binsen und breitblättriges Gras; auf Sümpfen erhoben sich Sumpffarne, deren Rhizome vereint mit Charen, Algen und Sumpfmoosen die tertiären Torflager (jetzt Braunkohlen genannt) bilden; ferner die Sumpftannen, Taxodien und Cypressen, denen ähnlich, die heute noch die amerikanischen Torfmoore bedecken. Auch ihr Holz sank im Moor unter; es dient heute als Braunkohle zum Brand. Nördlicher bedeckten dicht gedrängt mächtige Tannenwälder die jetzt norddeutschen Ebenen; aus ihren Stämmen floß das Insekten und kleine Thierchen einhüllende Harz, welches wir jetzt als Bernstein schätzen. In Mitteldeutschland grünten an tief herein reichenden, südlich ausmündenden Meerbusen Zwergpalmen, Lorbeer, Magnolien, hohe Pinien und die Weinrebe (Vitis teutonica), deren Kerne denen der weinbeertragenden Rebe (Vitis vinifera) ganz ähnlich sind; während andere Rebenkerne jener Zeit eher an die des amerikanischen wilden Weines erinnern.

Auch damals wirkte die unterirdische Kraft, welche schon seit Tausenden von Jahrtausenden an der Hebung der mitteleuropäischen und asiatischen Alpen aus dem tiefen Meeresgrunde thätig gewesen war, welche schon das südliche Triasmeer zu dem flachern Korallenmeer der Juraperiode, zu dem noch seichteren der Kreide- und Eocenzeit, zu dem sandbankreichen Meere, in welchem die Nummuliten lebten und die Tange des Fliesch wuchsen, allmälig emporgetragen hatten. Sie trugen nun siegend den Meeresgrund in dies Luftmeer herauf und hoben ihn allmälig zu mächtigen Alpenzinnen in die Wolken. Diese Auftreibung der Erde, bewirkt durch die Krystallisation ehemals amorpher Gesteine, ward unterstützt durch vulkanische Gewalten, welche in die durch Hebung aufgeklafften Spalten Lava hereinpreßten. Nördlich von den anfangs inselartig aus dem Ocean emporstarrenden Alpen wurden längst trocken gewesene Länderstücke, deren Boden sich senkte, aufs

Neue überflutet. Doch erscheint die Flächenausdehnung dieses mitteltertiären oder miocenen Meeres von Südfrankreich, der Schweiz, des Rheinlandes, Bayerns, Oesterreichs, Mährens, Galiziens und Ungarns unbeträchtlich; es war vielleicht ein etwas nördlich gerücktes, dem Adriameere an Breite zu vergleichendes Mittelmeer, welches wir vor uns haben.



Fig. 270. Die Lotusblume (Nelumbium speciosum), eine Nymphäacee der Gegenwart (Indien).

Eine der mittelmeerischen ähnliche Fauna lebte in demselben, die Ufer waren, wie das Titelbild dieses Bandes, eine Idee des Botanikers Unger, zeigt, mit Pflanzen bedeckt, die jetzt noch in ähnlicher Weise in den Mittelmeerländern wachsen. Die Thierwelt ähnelt der des eocenen Abschnittes; alles deutet auf ein Klima, welches um 8 bis 10 Grad wärmer ist, als wir es jetzt in unsern Breiten haben. Der Winter mit seinem Eise war jenen glücklichen Fluren unbekannt; Krokodile, große Salamander, das Nilpferd und Tapire lebten in den nie gefrierenden Flüssen, an deren Ufern Mastodonten und das Dinotherium nebst vielen kleinern Haarthieren grasten; Vögel belebten die Luft, Insekten schwirrten

umher. In den Bächen blühten Wasserrosen (Nymphäen), auf breiten Blättern hingestreckt, Süßwasserschnecken, Krebse, Wasserkäfer, Frösche, Schlangen, Schildkröten und Fische verbergend.

In der Nähe der Meerbusen, vielleicht auch auf Inseln im Meere, erhoben Vulkane rauchend, Asche aussendend, ihre spitzen Kegel; Laven (heute als Trachyt und Dolerit bekannt) entströmten weit geöffneten Spalten und ergossen sich über älteres und jüngeres Gestein.

In der Nähe der Feuerberge schwankt der Boden, es entstehen örtliche Senkungen und Hebungen; wir gewahren sie auch in unserm Deutschland, in Böhmen, der Rhön, dem Vogelsberge, dem Westerwalde, dem Habichtswalde und dem Siebengebirge, ferner im Süden Frankreichs. Das tertiäre Mittelmeer wird durch Hebung nach Süden zurückgedrängt, das europäische Nordmeer durch Bodensenkung über das nordöstliche Tiefland ergossen, so daß die Wälder der Bernsteintanne, die norddeutschen und hessischen Braunkohlensümpfe allmälig, bis in die Nähe des jetzigen Mainthales bei Hanau, unter den Wogen desselben begraben wurden. — Damit ändert sich unser Klima entschieden. Indem das Eis des Nordens zu uns dringt, erliegen die Palmen und zahlreiche andere Pflanzen dem Froste. Pappeln, Weiden, Erlen, Eichen, Buchen, Ahorn, neue Walnußarten bilden nun vermischt mit wenigen Formen aus früherer Zeit die Flora. Auch die Fauna ändert sich entsprechend, indem manche an gewisse Pflanzen gebundene Thiere absterben oder auswandern, andere dagegen einkehren. Es nähert sich, nachdem aufs Neue heftige und langdauernde Bodenschwankungen, gewaltige Lavaergüsse und vulkanische Aschenregen die Torfsümpfe jener Periode begraben und die Pflanzen zum Theil zerstört haben, das Profil der Landschaft dem jetzigen. Während in Mitteldeutschland, in Böhmen, noch Fumarolen kochten, sich an einzelnen Stellen neue (pliocene) Braunkohlenlager bildeten, schied sich in Galizien und Siebenbürgen, in Kleinasien und in Spanien das Salz aus den allmälig trocknenden Lachen des zurückgewichenen miocenen Mittelmeeres; es schied sich aus und sammelte sich zu jenen kolossalen Salzbergen, deren bewunderungswürdiger Reichthum uns früher schon beschäftigt hat. Außereuropäische Erdtheile besaßen auch damals schon ihre eigenthümliche Fauna; namentlich haben Süd- und Nordamerika eine Thierwelt aufzuweisen, welche in vielen Beziehungen mit der heutigen Tags dort lebenden übereinstimmt und sich wesentlich von der europäischen unterscheidet. Es beweist dies, daß beide Kontinente, in der gemäßigten Zone wenigstens, niemals zusammenhingen, wie Europa und Asien; daß die Natur in beiden Erdhälften ursprünglich eigenthümliche Thierarten hervorgebracht hat, welche auszutauschen erst der Mensch geschaffen werden mußte.

In Europa, wo die geologischen Verhältnisse am längsten untersucht und am sichersten festgestellt wurden, verlaufen die Bildungen der Tertiärperiode allmälig in einander. Die jüngsten Meeresabsätze müssen demgemäß am Südgehänge der Alpen und im deutschen Nordwesten gesucht werden. Sie sind daselbst, einestheils am Ufer des Mittelmeeres, anderntheils an der Küste der Nordsee abgelagert. Auf dem Kontinente dagegen kommen vielfältig Braunkohlenbildungen

aus dieser Periode vor, worin Pflanzen, die heute in der Nähe wachsen, mit ähnlichen vermischt sind, die dermalen in Nordamerika und Persien vorkommen, jedoch in unseren botanischen Gärten im Freien aushalten.

Diese Zwischenperiode führt uns allmälig in den letzten Abschnitt, in die Quartärzeit.



Fig. 271. Landschaft der Quartärzeit.

Das Klima Europa's unterschied sich während dieser Periode keineswegs von dem jetzigen; die Pflanzenwelt scheint deshalb dieselbe gewesen zu sein, wie sie sich uns heute darstellt. Auch ein großer Theil der damals lebenden Thiere stimmt mit denen unserer Tage überein. Dagegen sind einige andere gänzlich ausgestorben, von denen die behaarten Elephanten und Rhinoceronten, die Mammuthe und zweigehörnten Nashorne Sibiriens, Nordeuropa's und Nordamerika's genannt zu werden verdienen.

Diese Thiere, für die kalte Zone eingerichtet, nährten sich von Kiefernadeln; sie waren weit in den Norden hinauf seßhaft und bewohnten Länder jenseits des

76. Grades nördlicher Breite, welche jetzt Inseln sind, damals aber mit dem asiatischen Festlande zusammengehangen haben müssen. Im Norden erreichten sie nur geringe Größe, während sie im südlichen Deutschland und Rußland an Körperumfang den Elephanten gleichkamen.

Pferde und bisonartige Ochsen durchstreiften herdenweise die Fluren; riesenhafte Elennthiere, Hirsche und Rehe lebten gesellschaftlich in manchen Wäldern. Bären, Hyänen, Wölfe und Füchse raubten und schleppten ihre Beute in die von ihnen bewohnten Höhlen. Biber durchbauten die Flüsse mit ihren Dämmen; Schildkröten, Schlangen und Frösche huschten im Sumpfe; Wasservögel belebten Meer und Seen; Adler und Geier zogen ihre weiten Kreise im Aether; Laufvögel und Hühner versteckten sich im Rohr, und der Singvögel wohltönender Schlag bewegte, sich zu Harmonien verkettend, in sanften Wellen die vom Duft der Blüten schwere Luft. Der Libellen, Immen, Käfer und Schmetterlinge bunter Schwarm surrte in Gras und Büschen, während Ameisen und Termiten ihre Hauswerke anschütteten und der Holzwurm pochend seine Gänge aushöhlte (Fig. 271).

Kein Glied fehlte mehr in dem reich entfalteten Kranze der Thierwelt; es war alles vorbereitet zum Empfange des Menschen; alle Reiche der Natur hatten im Jahrtausende währenden Entwicklungsgange eine Stufe der Ausbildung in Maß und Form erlangt, welche dem Menschen das Leben erfreulich und angenehm erscheinen lassen mußte.

In den Tiefen der ältesten Gesteinsformationen hatte die chemische Anziehungskraft die anfangs überall hin zerstreuten Metalltheilchen auf wenigen Punkten zu Lagern angehäuft; es waren gewissermaßen Vorrathshäuser dieser, dem Menschen unentbehrlichen Stoffe errichtet und gefüllt. Er darf nur hingreifen und nehmen, was ihm die Vergangenheit ohne sein Zuthun zusammengetragen. Die Sumpf- und Torfpflanzen der ältesten Zeiten haben sich seinethalben zusammengefügt zu mächtigen Lagern; der Verwesungsprozeß hat ihre wasserreichen Zellgewebe zur Steinkohle gedichtet, zu jenem Stoffe, der den Menschen frei macht von den Einflüssen vieler Elementarereignisse, der ihm als Gehülfe dient zur Erreichung seiner irdischen Zwecke. Metalle und Steinkohle sind die stärksten Gehülfen der Menschenhand und des Menschengeistes. Sie sind seine Werkzeuge bei seinen Arbeiten, sie fördern ihn mit reißender Schnelligkeit von Ort zu Ort (Eisenbahn, Lokomotive, Dampfboot); sie tragen seine Gedanken mit Blitzeseile über die Meere um den Erdkreis (Kohlenbatterie in der Telegraphie). Damit er das in ihm verborgene Edle nicht versäume, reizt ihn der glänzende Edelstein, der schimmernde Marmor, der bildsame Thon zu Werken der Kunst und hebt seine Gedanken aufwärts zur Klarheit des himmlischen Lichtes. Um ihn stehen staunend die Thiere und dienen willig seinen Zwecken; ihm lacht der Blumenflor entgegen; ihm winkt der Früchte nahrhafter Kern und der Traube saftigsüße Beere.

Wie wunderbar ist Alles für ihn vorgerichtet; vom Anbeginn an hat sich Alles geordnet, Alles geschmückt zu seinem Empfange. Als es bereitet war, da gab ihm Gott die Welt!



Fig. 272. Die Periode der Jetztwelt zur Zeit der Erschaffung des Menschen.

Auch dem Thiere, dem kleinsten wie dem größten, hat zwar der Schöpfer sein Futter bereitet, ehe es erschien, aber dem Menschen allein gab er das All.

Sonne, Mond und Sterne leuchten auch dem Thiere, doch nur dem Menschengeist, der ihre kreisenden Bahnen mißt und sich ihrer bedient als Pendelschlag zum Verständniß der Zeit, ist ihr Geheimniß offenbaret. Auch das Thier lebt unter dem Einfluß der Gesammtheit der irdischen Stoffe, doch nur der Menschengeist bedient sich aller, um sich freier und freier zu entfalten. Sein Nachdenken giebt ihm die Maschinen, mit der er seiner Hände schwache Kraft vervielfältigt, mit der er die Hindernisse überwindet, welche sich der gleichmäßigern Ausbildung seines Wesens entgegen warfen.

Schon diese wenigen Andeutungen genügen zum Beweise, daß der Mensch sich wesentlich vom Thiere unterscheidet. Die Menschheit ist befähigt und berufen, tiefer in das Wesen der Natur einzugreifen, den Entwicklungsprozeß des Erdballs neu zu richten. Diese neue Naturkraft, denn auch die Menschheit ist ein Werkzeug des schaffenden Gottes, ist bestimmt, die Stoffe, welche im Haushalte der Erde allmälig an einzelne Punkten gefesselt wurden, wieder über das Rund zu verbreiten.

Australisches Gold mischt sich in Europa mit dem Silber Amerika's; die Kohlen aller Zonen verwandeln sich in der Menschenhand überall in Rauch und Kohlensäure; der Guano und die Pflanzenasche fremder Weltgegenden befähigen den europäischen Ackerboden zur Erzeugung reicherer Ernten. Wo der Erdbohrer in den Tiefen die Wasseradern anschlägt, da ward die gewohnte Weise der Stoffcirculation unterbrochen; Gas und Salz dringt aus der Unterwelt herauf und wirkt fortan am Lichte. Wo der Flüsse Lauf geregelt, Sumpf entwässert, das Meer in Grenzen gedämmt wird, da tritt die schwache Menschenhand dem ungestümen Walten der Naturkraft entgegen.

Schlage man dieses Eingreifen in den Gang der Natur auch noch so gering an: bei der festen Ineinanderfügung aller irdischen Dinge muß es dennoch der Entwicklung der Erde eine neue Richtung geben.

Dennoch ist diese Thätigkeit der Menschen nicht schrankenlos. Jeder Mißbrauch der ihnen gewährten Gewalt rächt sich durch sich selbst. Der Wälderzerstörer verwandelt ein Paradies in eine öde, wasserarme Steppe; der flutende Strom durchbricht seine Dämme, nachdem er zwischen ihnen sein Bett aufgefüllt hat und wandelt die Flur zum See; die rollende Woge frißt den Marschboden an und er sinkt mit Wohnung und Garten in das nasse Grab.

Deshalb sollen wir die uns übertragene Macht mit Verstand und Maß üben; wir sollen den Zusammenhang der Dinge in der Schöpfung erforschen und die gewonnene Erkenntniß uns zu unserer Thaten Richtschnur dienen lassen.

Wie nun der denkende Mensch überall die Schranken des Gesetzes, welches Jedem seinen Wirkungskreis anwies, erkennt, so wird er auch nicht die Liebe vermissen, welche für Jeden besorgt war, ehe denn er erschien. Das Forschen in der Natur wird sein Vertrauen zur Vorsehung stärken, Herz und Verstand veredeln und die reinste Flamme der edelsten Sittlichkeit in ihm anfachen, damit sie lodernd auf dem Altare seines Innern dem Ewigen dankbar entgegen schlage!



Ende des Buches.

Verlag von Otto Spamer in Leipzig.

Das Buch
der Erfindungen, Gewerbe und Industrien.

Vier Bände. Vierte weitergeführte Auflage.

Herausgegeben in Verbindung mit

J. Engelmann, F. W. Grüner, Dr. Hirzel, Fr. Kohl, Fr. Luckenbacher, Ado Schwarzmüller, H. Stahl und G. Fr. Wiea.

Mit 800 in den Text gedruckten Abbildungen, vielen Tonbildern 2c.

Vollständig in 30 Heften.

Subscriptions-Preis pro Heft von 3—4 reich illustrirten Bogen: 5 Sgr. = 18 Kr. Rh

Inhalt:

Erster Band: Die denkwürdigsten Erfindungen aller Zeiten enthaltend.

1. **Einleitung. Das Zeitalter der Erfindungen.** Ein Bild des allgemeinen Fortschrittlebens. Nebst einer alphabetisch-chronologischen Uebersicht der denkwürdigsten Erfindungen.
2. **Die Geschichte des Papiers.** (Mit Einschluß des Papiergeldes.)
   Die Erfindung der Buchdruckerkunst. Ein Besuch in der Staatsdruckerei zu Wien. Schnellpressen. Stereotypie.
   Die Erfindung des Naturselbstdrucks und der Chemitypie.
3. **Die Holzschneidekunst.** (Der chines. Bücherdruck.)
   Der Kupfer- u. Stahlstich und der Kupfer- u. Stahldruck.
   Die Erfindung des Steindrucks.
   Die Erfindung der Stenographie.
   Die Daguerreotypie und Photographie. Die Camera obscura. Das Stereoskop 2c.
4. **Die Erfindung des Schießpulvers u. der Feuerwaffen.** Pulvermühlen. Schießbaumwolle. Neue Schießwaffen.
   Der Magnetismus und die Elektricität und ihre praktische Anwendung. (Galvanismus, Galvanoplastik, Elektromagnetismus 2c.)
   Die Erfindung des Blitzableiters.
5. **Die Geschichte der Telegraphen.**
   Das Teleskop und Mikroskop.
6. **Die Geschichte des Luftballons.**
   Das Leuchtgas und die Leuchtstoffe.

7. 8. **Die Erfindung der Dampfmaschinen** einschließlich der Eisenbahnen, Dampfwagen und Dampfschiffe.

Zweiter Band: Gewerbe und Industrien.

Erste Abtheilung.

9. **Einleitung.** Die Würde der Arbeit. Das Handwerk u. sein Verhältniß zur Wissenschaft u. Kunst.
   Baukunst und Bauhandwerke und ihre Geschichte.
10. **Die Töpferei und das Porzellan.** Die Porzellanmanufacturen von Sèvres und von Meißen. Das chinesische Porzellan.
    Das Glas. Die Glasfabrikation. Der Glaser. Glasmanufactur. Glasmalerei.

11.12. **Weberei und Spinnerei.** Natur und Gewinnung der zum Spinnen und Weben dienenden Faserstoffe. Geschichte und Verarbeitung derselben. Mechanische Spinnerei. — Die Baumwollenmanufactur. — Hand-, Kunst- und Maschinen-Weberei u. s. w.

13.—15. **Der Landbau und die landwirthschaftlichen Beschäftigungen.**
Die landwirthschaftlichen Gewerbe: Die Zuckerfabrikation. Weinbereitung (Champagner). Bier. Branntwein. Spiritus. Essig.

Zweite Abtheilung.

Berg- und Grubenbau und Hüttenwesen.

16.17. **Der Bergmann u. der Hüttenarbeiter.** Geschichte und Technik des Bergbaus. Die Gewinnung der Erze. Kupfer. Blei. Quecksilber. Zinn. Arsenik Zink u. s. w.
Die fossilen Brennstoffe.
Die Gewinnung der Edelsteine.

18. **Die Gewinnung des Kochsalzes.**
    Der Steinbrecher. Marmor. Quadersandstein. Basalt. Porphyr. Traß. Cement. Kalk. Serpentin. Schiefer. Bernstein u. s. w.
    Die Bergbohrung. Die artesischen Brunnen.

19.20. **Gold, Silber und Platin.** Ihre Verarbeitung zu Waaren und Geld. Vergolden. Plattiren 2c.
Verarbeitung der unedlen Metalle im Großen. Erzguß. Kunstguß. Messing. Bronze. Glockenguß. Kanonenmetall. Legiren u. s. w.
Der Maschinenbauer.
Der Uhrmacher.

21. **Der Optikus und Mechanikus.** Die Brillengläser. Die Fertigung wissenschaftlicher Instrumente: Barometer, Thermometer, Luftpumpe u. s. w.
    Schluß. Maschinen und Menschenarbeit.

Dritter Band: Kleine und große Industrien.

22. **Die Nadeln-Fabrikation.**
    Die Stahlfeder-Fabrikation. Herstellung von Schrauben, Nägel, Schlösser und Drähte.
    Pumpen, Feuerspritzen u. hydraulische Pressen.
    Der Mühlenbauer.
23. **Die Brod-Erzeugung im Großen.**
    Die Drechslerei. Spielwaaren-Fabrikation.
    Die Herstellung musikalischer Instrumente. Die Pianoforte-Fabrikation.
    Wagen und Kutschen. Ein Besuch in Cramer-Klett's Etablissement.
24. **Der Seiler.** Ein Besuch in einer englischen Fabrik von Schiffstauen.
    Die Lederbereitung. Kautschuck und Gutta Percha.
25. **Pappen, Dachfilze** und andere Bedachungs-Materialien.
    Buchbinderei und Portefeuille-Fabrikation.
    Seifen- und Lichte-Fabrikation. Zündhölzchen.
    Wohlgerüche und ätherische Oele.
26. **Ein Besuch in einer Chemicalien-Fabrik.** Herstellung von Farben, Säuren, Salzen, künstlichen Mineral-Wässern 2c.
    Färben und Bleichen.
    Tapeten- und Zeugdruck. Wachstuch-Fabrik. 2c.

Vierter Band: Das Meer und die Hebung seiner Schätze.

27. **Der Mensch und das Element.** Kompaß. Leuchtthürme. Taucherglocke und Taucherboot. Rettungsboote. Rettungsanstalten. Verkehrserleichterungen. Das Gesetz der Winde u. Stürme 2c.

28.29. **Fischfang, Seejagd und Fischerei.**
Schiffahrt und Seewesen. Geschichte der Schiffahrt. Der Schiffsbau vormals und heute. Segelschiffe. Dampfer. Schraubenschiffe. Klipper. Arsenale. Docks und Häfen.

30. **Geschichte des Welthandels.**

Leipzig, Druck von Giesecke & Devrient.

Leipzig, Druck von Giesecke & Devrient.